भौतिकी
की कहानी
लेखक
थनु पद्मानाभन
चित्रांकन
कीथ फ्रान्सिस
पुनर्चित्रांकनः अविनाश देशपांडे
निर्वात (वैक्यूम)
हवा का भार
76 सेमी
स्रोत
बीटा रेज
गामा रेज
(iii) E = mc²!
A=mc²
B=mc²
C=mc²
D=mc²
E=mc²
दुनिया का सबसे मशहूर सूत्र!
A+B+C>180°
गेंद पर ज्यामिति
बदलता करंट दूसरी कुंडली में भी कुछ करंट उत्पन्न करता है।
आग, पानी, पत्थर और हवा के अणुओं से मिलकर ही बाकी सभी पदार्थ बनते हैं।
ईसा से 400 वर्ष पूर्व, अणु!
400 BC.
500 AD.

भौतिकी की कहानी

लेखक
थनु पद्मानाभन

चित्रांकन
कीथ फ्रान्सिस
(पुनर्चित्रांकन : अविनाश देशपांडे)

विज्ञान प्रसार

प्रकाशन :
विज्ञान प्रसार
C-24, कुतुब इंस्टीट्यूशनल एरिया
नई दिल्ली-110016
(पंजीकृत कार्यालय : टेक्नोलॉजी भवन, नई दिल्ली-110016)
फोन : 6864157, 6967532, 6864022 फैक्स : 6965986
ई मेल : Vigyan @ hub.nic.in
इंटरनेट : http // www. vigyanprasar.com

भौतिकी की कहानी

पुनर्चित्रण : *अविनाश देशपांडे*
मुखपृष्ठ चित्रांकन : *इनोसॉफ्ट सिस्टम्स*

"भौतिकी की कहानी" : 'साइंस एज' पत्रिका (1984-86) में धारावाहिक—चित्रकथा के रूप में प्रकाशित हुई थी।

ISBN : 81-7480-081-6

भारत में मुद्रित : नागरी प्रिंटर्स, नवीन शाहदरा, दिल्ली-110032

प्राक्कथन

विज्ञान प्रसार का प्रकाशन कार्यक्रम धीरे-धीरे आकार लेता जा रहा है। कुछ शृंखलाएँ प्रकाशित हो चुकी हैं और कुछ को प्रकाशित किया जाना है। विज्ञान प्रसार विभिन्न विषयों जैसे : भारतीय वैज्ञानिक विरासत्, वैज्ञानिकों की जीवनी, लोकप्रिय विज्ञान कालजयी कृतियों का पुनर्मुद्रण, स्वास्थ्य, पर्यावरण आदि विषयों पर विभिन्न पुस्तकें प्रकाशित कर चुका है।

इसी कार्यक्रम को नई दिशा देते हुए टी. पद्मानाभन द्वारा लिखित और कीथ फ्रान्सिस द्वारा चित्रित मनोरंजनपूर्ण तरीके से लिखी कॉमिक पुस्तक "भौतिकी की कहानी" प्रकाशित की जा रही है। विज्ञान को मनोरंजन से जोड़कर अनेक लोगों तक पहुँचाया जा सकता है। सरल और मनोरंजनपूर्ण तरीके से विज्ञान की घटनाओं का वर्णन इस पुस्तक में किया गया है। इसमें आर्कमिडीज एवं पाइथागोरस के युग से अभी तक भौतिकी के इतिहास की महत्वपूर्ण घटनाओं को वर्णित किया गया है।

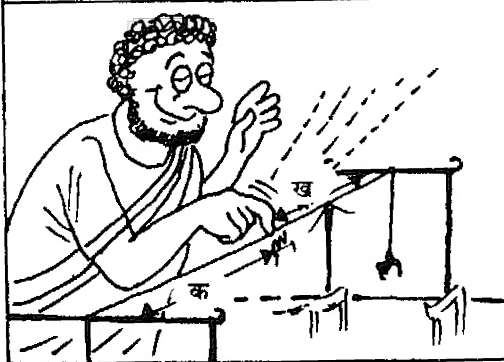
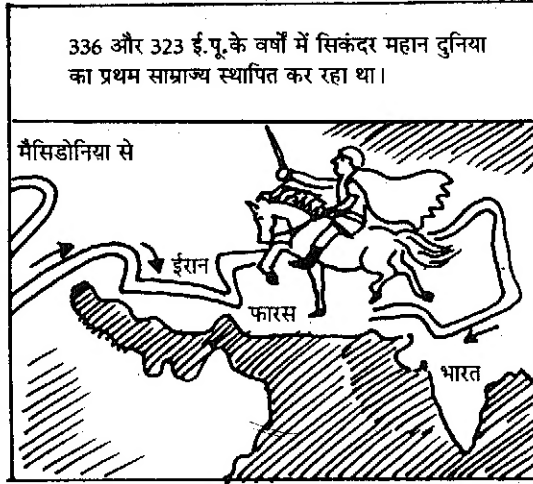
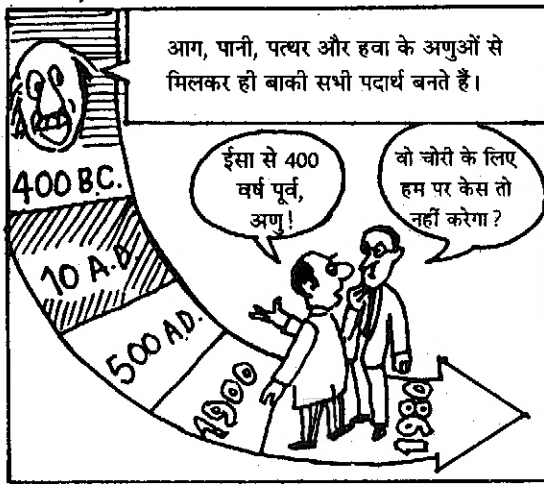
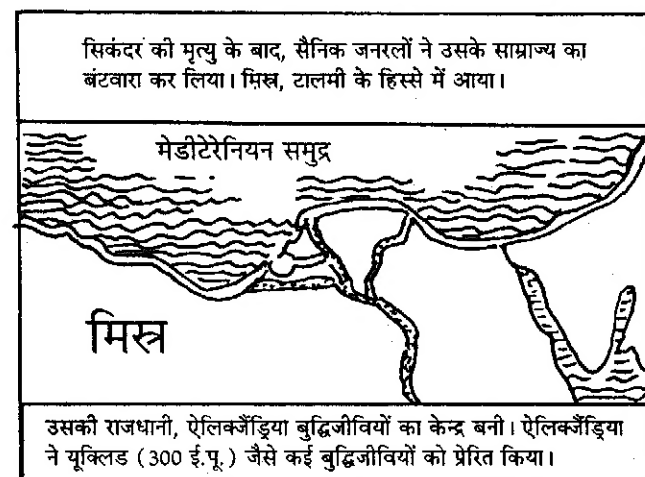
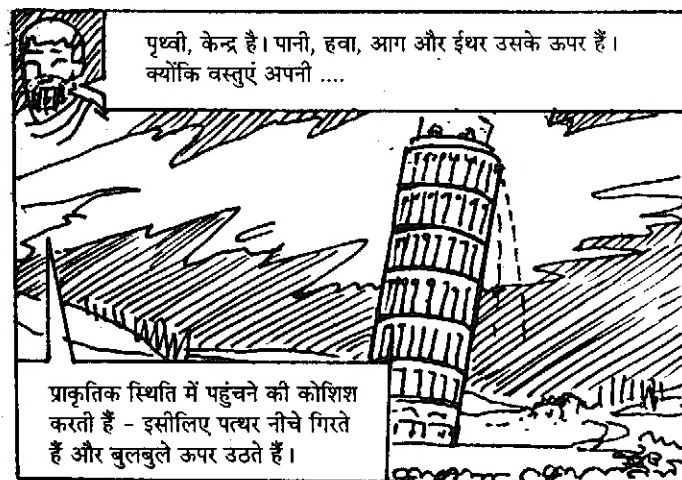
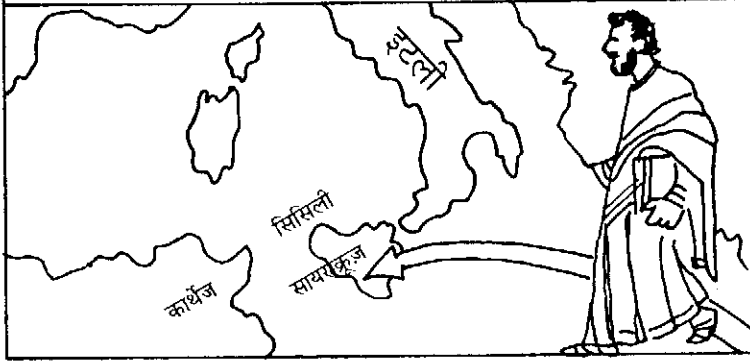
कुछ दशक पहले यह कहानी 'साइंस एज' नामक पत्रिका (अब बन्द हो चुकी है) में धारावाहिक के रूप में प्रकाशित हुई थी। इस रूपान्तरण में, सामग्री में कुछ सुधार एवं परिवर्द्धन किया गया है। इसका पुनर्चित्रण श्री अविनाश देशपांडे द्वारा किया गया है। हम श्री अरविन्द गुप्ता के आभारी हैं, जो एक विज्ञान-संचारक हैं और कम-पैसों के लर्निंग-किट बनाने में विशेषज्ञ हैं, और जो इस कॉमिक की सामग्री को पुस्तक रूप में लाए।

हमें आशा है कि हमारे पाठक इस पुस्तक का सहर्ष स्वागत करेंगे।

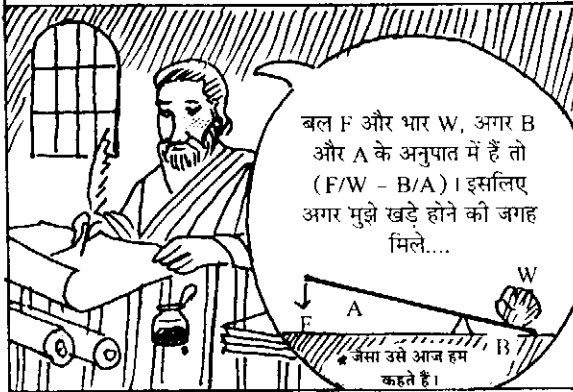
नयी दिल्ली

विनय बी. काम्बले
कार्यवाहक निदेशक
विज्ञान प्रसार

तब तक शायद भौतिकी का जन्म नहीं हुआ था। इस वैज्ञानिक तरीके में, चंद नियमों के आधार पर प्रकृति की व्याख्या की जाती है। भौतिकी यूनानियों के समय में ही आई।

.... जिसने तारों को झंकार कर संगीत के कई प्रयोग किए। जब दो तारों **क** और **ख** की लंबाईयों के बीच 2:3 या 1:2 का सरल अनुपात होता था तब मधुर धुन निकलती थी

ज़ीनो, पाईथागोरस का समकालीन था। उसने लगभग सिद्ध कर दिया था कि गति असंभव है (ज़ीनो का विरोधाभास)।

लगभग उसी समय, सिकंदर का गुरू अरस्तू (384–322 ई. पू.) ज्ञान का साम्राज्य स्थापित करने का प्रयास कर रहा था।

ऐलिक्जैंड्रिया में अपनी शिक्षा पूरी करने के बाद आर्किमिडीज़ अपने शहर सायराक्रूज़ वापस लौटा, जहां वो हेरन के शाही संरक्षण में रहा।

"तैरती वस्तुओं"* पर उनका नियम और "यूरेका" की कहानी बहुत मशहूर है इसीलिए उसे यहां नहीं दिया जा रहा है।

* आर्किमिडीज़ की पुस्तक का नाम।

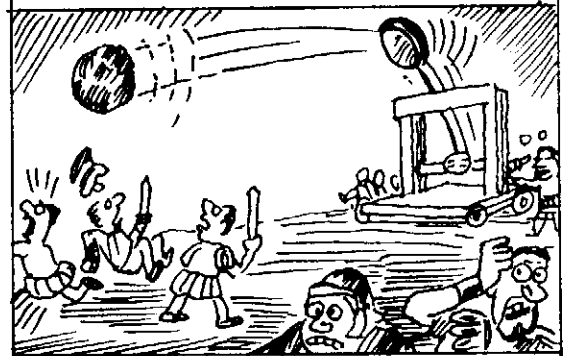
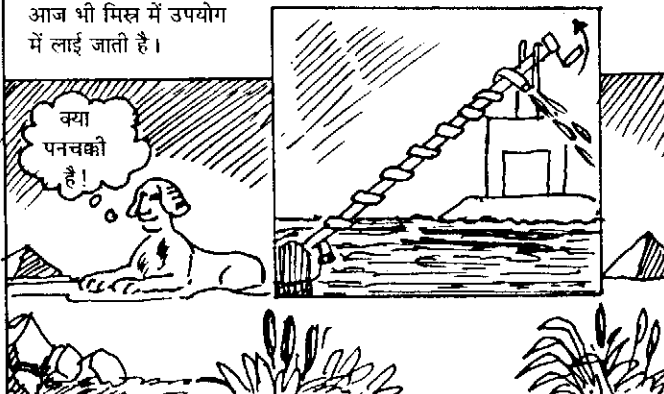
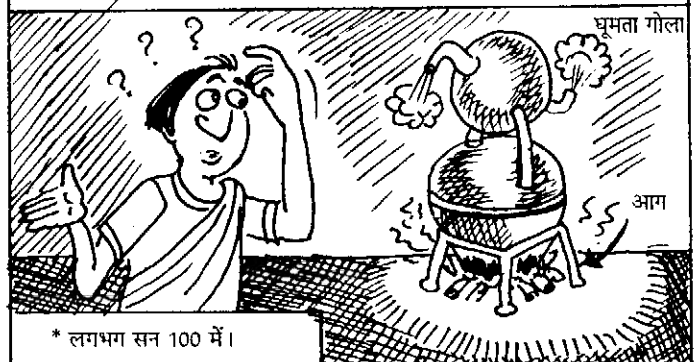
उसने ही सबसे पहले समतलों के संतुलन* वाली अपनी पुस्तक में, स्थैतिकी (स्टैटिक्स) के नियम विकसित किए।

* जैसा उसे आज हम कहते हैं।

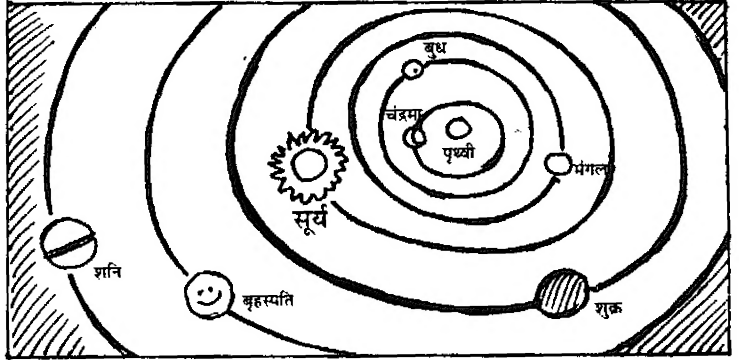
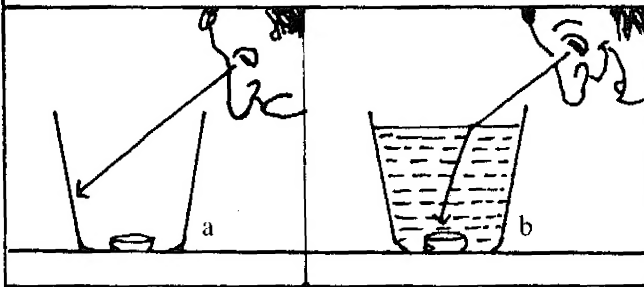
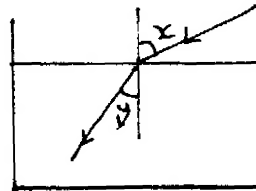
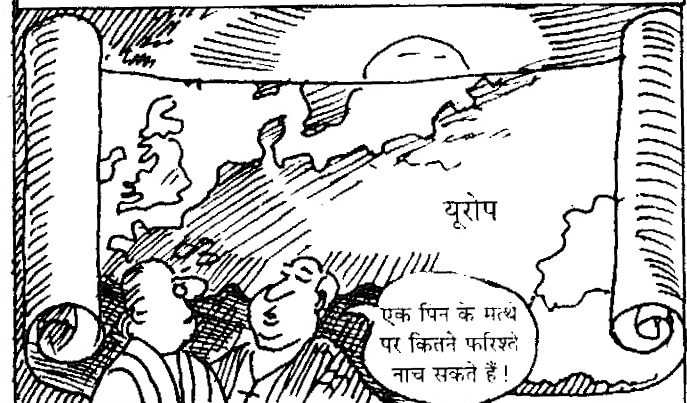
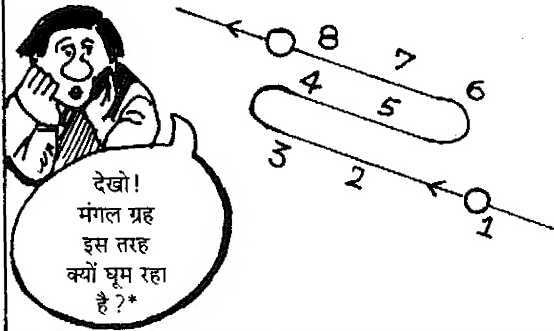
हा! हा! यह तो बड़ी भारी डींग है। पहले जरा एक पानी के जहाज़ को तो हिला कर दिखाओ।

कहानी के अनुसार आर्किमिडीज़ ने वाकई, लीवर और घिरनियों से, एक भेड़ को पानी से बाहर किनारे तक खींचा।

*पहला उदाहरण जहां, भौतिकी के अग्रणी ज्ञान को, युद्ध में, फायदे के लिए काम में लाया गया।

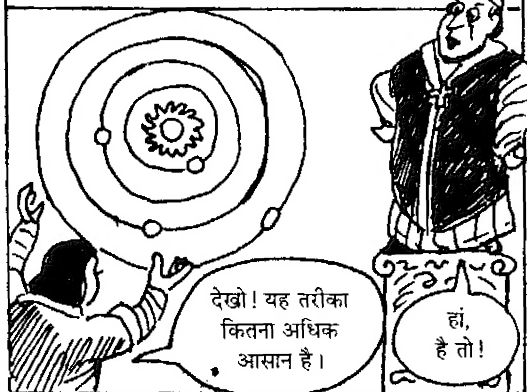
हेरन के बाद उसका पोता हिरोनिमस गद्दी पर बैठा। दूसरे प्यूनिक युद्ध (218 ई.पू) के दौरान, कार्थेज में हनीबॉल के सैनिकों की सफलता देखकर, हिरोनिमस ने रोम के साथ अपने संबंध तोड़ लिए और कार्थेज के साथ जा-मिला। इस वजह से रोम ने सायराक्रूज़ को आकर घेर लिया।

कहा जाता है कि आर्किमिडीज़ द्वारा बनाई गई युद्ध मशीनों के कारण ही रोमन जनरल मार्सीलस, दो साल तक कुछ नहीं बिगाड़ सका।

अंत में रोम ने सायराक्रूज़ पर कब्जा किया और एक सिपाही ने आर्किमिडीज़ को मार डाला। आर्किमिडीज़ ने एक पनचक्की का भी आविष्कार किया था जो आज भी मिस्र में उपयोग में लाई जाती है।

30 ई.पू. तक मिस्र की शान-शौकत खत्म हो चुकी थी और वो रोम का एक सूबा बन चुका था। एक और प्रतिभावन इंसान जो वहां पैदा हुआ वो था हेरो* जिसने सबसे पहला भाप का इंजन बनाया।

* लगभग सन 100 में।

उसने एक साईफन भी बनाया और यांत्रिकी पर पुस्तकें लिखीं।
दृष्टि पर उसके विचार उस समय की मान्यताओं को प्रतिबिंबित करते थे।
प्रकाश आंख से प्रसारित होता है और वस्तुओं से टकराकर परावर्तित होता है।
एक और महान ऐलिक्जैंड्रियन था - टालमी (सन 127-151) जो मानता था कि ब्रहमांड गोल-चक्करों का बना है और पृथ्वी उसके केंद्र में है। हमें अब मालूम है कि यह धारणा गलत थी।
बुध
चंद्रमा
पृथ्वी
मंगल
सूर्य
शनि
बृहस्पति
शुक्र
उसने प्रकाश पर भी काफी शोध किया, खासकर परार्वतन (रिफ्रैक्शन) की प्रक्रिया पर।
a
b
आप दूसरे गिलास में सिक्के को परावर्तन के कारण ही देख पाएंगे। प्रकाश, पानी की सतह पार करते समय मुड़ जाता है।
टालमी ने कई प्रयोग किए और बारीकी से x और y के कोणों को नापा....
x
y
x | y
10° | 8°
40° | 29°
50° | 35°
80° | 50
..... परंतु वो x और y को जोड़ने वाले सूत्र तक नहीं पहुंच सका।
इसके नियम में sin x (ज्या x) sin y (ज्या y) एक स्थिरांक है। अब इसे स्नेल के नियम से जाना जाता है।
हा! हा! मैंने उसे 14 शताब्दियों बाद खोजा!
डब्लू. स्नेल (1591-1626)
यह ज्या क्या बला है?
समय की रेखा को मत कूदो!
टालमी के बाद यूरोप में काफी उथल-पुथल हुई। रोम का साम्राज्य ढह गया और धराशायी राज्य ही बचे।
यूरोप
SPQR
उत्तरी अफ्रीका
अरे! यह क्या हो रहा है?
चुप! हम अंधकाल में हैं!
अरबी कबीलों ने बाइटेन्टियम साम्राज्य पर धावा बोला और 640 ईसवी में मिस्र पर कब्ज़ा किया। उन्होंने यूनानी-विज्ञान का संरक्षण किया और उसे नवजाग्रत यूरोप में प्रसारित किया।
यह नवजागरण, दरअसल विज्ञान के लिए पुनर्जन्म नहीं था। उस समय यूरोप पर तो धार्मिक कठमुल्ले ही हावी थे।
यूरोप
एक पिन के मत्थे पर कितने फरिश्ते नाच सकते हैं!

नवजागरण युग के बाद, धार्मिक निष्ठाओं ने उत्सुकता और प्रश्न पूछने को कतई बढ़ावा नहीं दिया....

* टालमी के ब्रह्मांड दर्शन में, इन प्रश्नों के कोई सरल उत्तर नहीं थे।

उसके बाद एक आदमी आया....

...... निकोलस कोपरनिकस (1473-1543)

....जिसने सूर्य पर रोक लगाई और पृथ्वी को घुमाया!

गुतिनबर्ग ने इससे करीब 100 साल पहले छपाई मशीन ईजाद की थी।

गुतिनबर्ग की बाईबिल

कोपरनिकस के "अधार्मिक" मत 1543 ईसवीं में छपे....

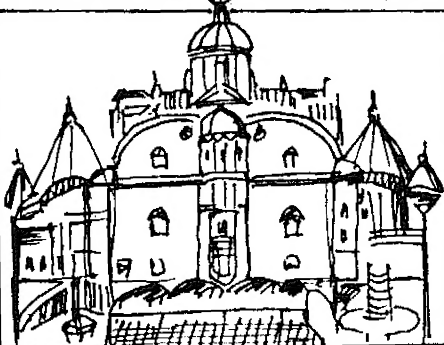
इस सबके बावजूद कुछ लोगों ने तुरंत, कोपरनिकस के मॉडल को स्वीकार लिया....

राईनोल्ड (1511-1553) ने सन 1551 में, "ग्रहों की स्थितियों की प्रशियाई तालिकाएं" छापीं।

.... और फिर कुछ लोगों ने, समझौते की बातें कीं।

जे. केप्लर (1571-1680)

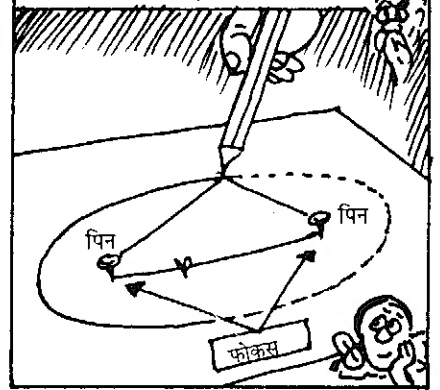
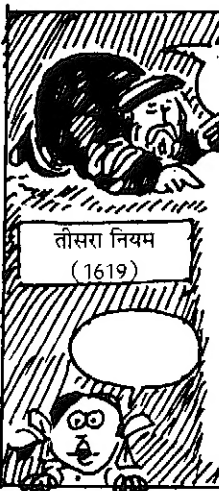
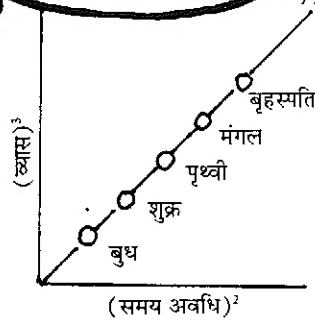
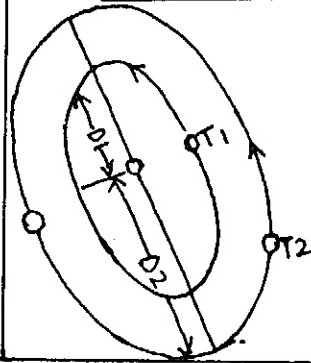
टाईको ब्राहे (1546-1601)

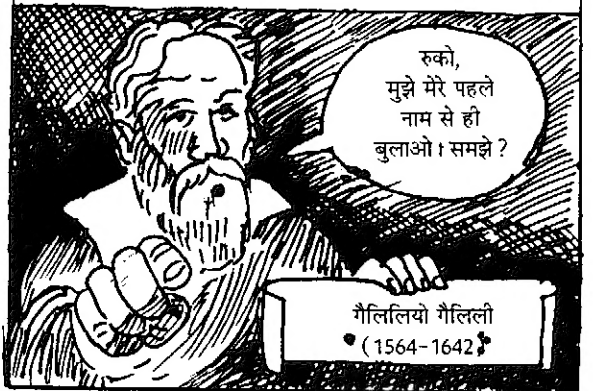
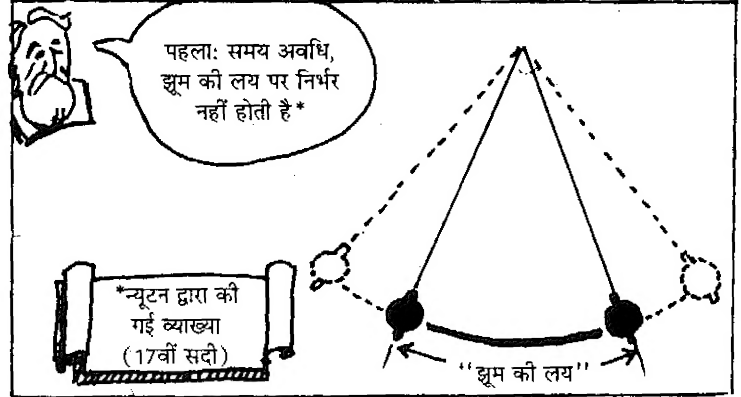
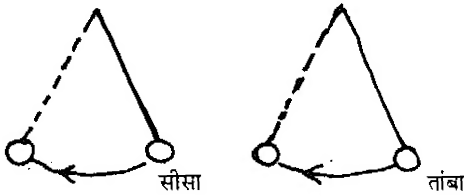
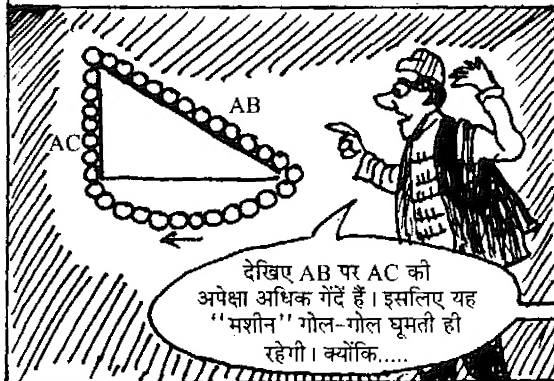
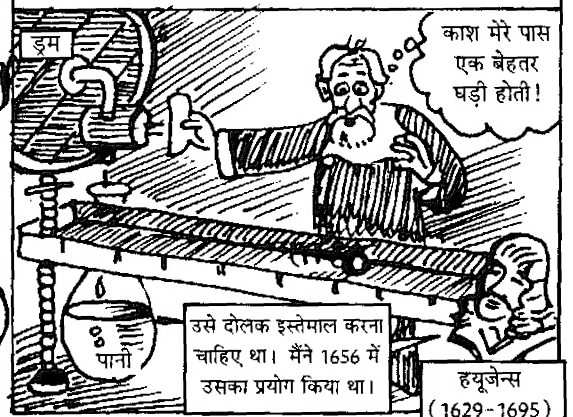
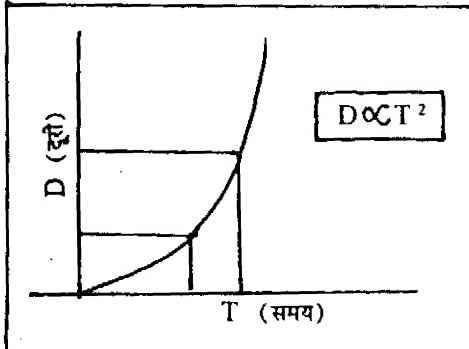
विडम्बना ये है कि टाइको ने निरीक्षण, स्वीन, डेनमार्क में स्थित उसकी निजी वेधशाला में किए थे।

उनसे साफतौर पर, कोपरनिकस के मॉडल को समर्थन मिलता था।

टाईको ने एक नए तारे (सुपरनोवा) को जलते हुए देखा (सन 1572)।

ब्रह्मांड अपरिवर्तनशील है।
\- अरस्तू

और एक पुच्छल तारे (कॉमेट) को उसकी लंबी अंडाकार कक्षा में देखा।

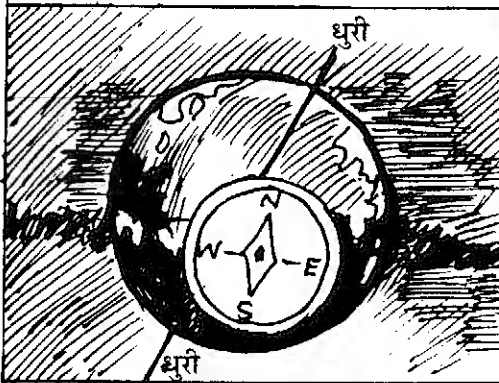
सभी प्राकृतिक गतियां गोलाई में होती हैं।
-अरस्तू

केप्लर ने इन दोनों नियमों को अपनी पुस्तक "एस्ट्रोनोमिया नोवा" में छापा। तीसरा नियम उनकी पुस्तक "हारमनी आफ द वर्ल्ड में छपा" (1619) - यह पुस्तक रहस्यवाद से भरी है।

$$\frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

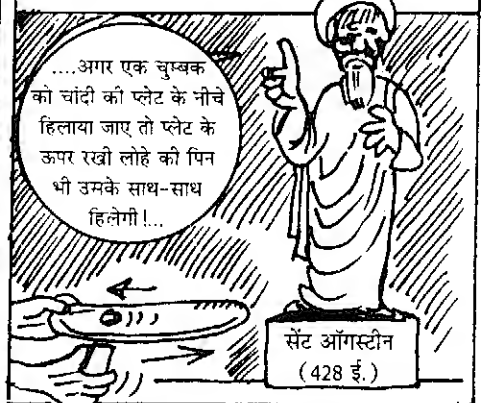
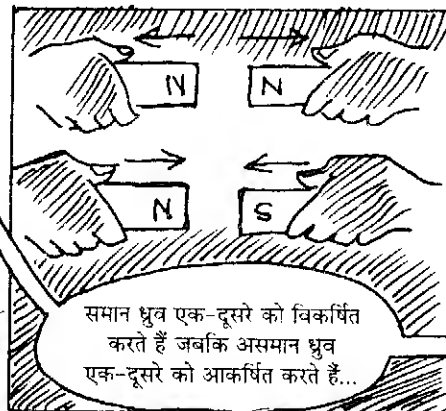
यूनानियों के समय से अब तक काफी विकास हुआ है। सितारों के बारे में हमारा ज्ञान बढ़ा है। हमें इतना पता था कि ग्रह और तारे चलते हैं। परंतु वे क्यों चलते हैं? इसका पता अभी लगाना था।

गैलिलियो, केप्लर का समकालीन था। उसे धर्म में बहुत यकीन नहीं था। एक दिन चर्च में एक हिलते झाड़-फानूस की ओर उसका ध्यान आकर्षित हुआ।
कम-से-कम यह धार्मिक उपदेश से तो बेहतर है!
इससे उसने दोलक के बारे में दो महत्वपूर्ण अवलोकन नोट किए।
पहला: समय अवधि, झूम की लय पर निर्भर नहीं होती है*
*न्यूटन द्वारा की गई व्याख्या (17वीं सदी)
''झूम की लय''
दूसरा: दोलन की अवधि, लोलक (बॉब) के भार पर निर्भर नहीं होती*
सीसा
तांबा
* आइंस्टीन (20वीं सदी) द्वारा इसकी ''सही'' व्याख्या की गई।
उसे यह भी पता था कि अगर दो, अलग-अलग भारों को, एक ही ऊंचाई से गिराया जाए तो वे एक-ही समय पर, जमीन से आकर टकराएंगे।
क्या तुमने पीसा की मीनार से मुझ पर कल पत्थर फेंके थे?
मैंने? कभी नहीं! उसने किया होगा।
नहीं! मैंने उनके बारे में सिर्फ लिखा था।
स्टेविनस (1548-1620)
भारी वस्तुएं अधिक तेज़ी से गिरती हैं - अरस्तु
साईमन स्टेविनस, एक अन्य समकालीन था। उसने दिखाया कि झुके तल पर पृथ्वी का आकर्षण कुछ कम होता है।
AB
AC
देखिए AB पर AC की अपेक्षा अधिक गेंदें हैं। इसलिए यह ''मशीन'' गोल-गोल घूमती ही रहेगी। क्योंकि.....
यह बकवास है: पृथ्वी का खिंचाव झुकी AB पर, खड़ी AC से, कम होना चाहिए।
गैलिली ने झुके तल द्वारा वस्तुओं पर गति संबंधी अध्ययन किए।
ड्रम
काश मेरे पास एक बेहतर घड़ी होती!
पानी
उसे दोलक इस्तेमाल करना चाहिए था। मैंने 1656 में उसका प्रयोग किया था।
हयूजेन्स (1629-1695)
गैलिली ने पाया कि एक लुढ़कती गेंद द्वारा तय की गई दूरी, समय अवधि के वर्ग के साथ बढ़ती है....
D (दूरी)
T (समय)
D∝T²
..... जबकि गति में केवल एकघाती (लीनियर) बढ़त होती है।
(गति)
(समय)
देखो, पृथ्वी के खिंचाव से गति एक निश्चित रफ्तार से बदलती है, इसलिए ...
.... ऐसी चाल में, जिसमें गति न बदले खिंचाव की जरूरत ही नहीं पड़ती!
हरेक गति के पीछे
कोई होता है।
- अरस्तू

उसके बाद उसने दो दिशाओं में गति का अध्ययन किया और पूछा ...
अगर किसी पत्थर को जहाज के मस्तूल से गिराया जाए तो वो जहाज पर कहां गिरेगा?
जरा रुको। पहले कप्तान को रास्ते में से हट जाने दो!
सिमप्लीसियस*
अगर जहाज स्थिर होगा तो पत्थर ठीक नीचे गिरेगा। नहीं तो वो A के पीछे, B पर जाकर गिरेगा।
(एकसमान गति से चलती नाव)
(रुकी हुई नाव)
A
B
*अरस्तू की विचारधारा वाला पात्र - जिसका जिक्र गैलिली के संवादों में है।
ग़लत!
अगर जहाज एकसमान गति से चल रहा है तब भी पत्थर A पर ही आकर गिरेगा।
गैलिलियो को लगा कि दो दिशाओं की गति को आपस में मिलाया जा सकता है।
जहाज की गति जो पत्थर ने बनाए रखी है।
XY पत्थर का पथ
पृथ्वी का खिंचाव
जहां पत्थर जहाज से टकराता है
पत्थर छोड़े जाने की स्थिति
अगर जहाज की रफ्तार लगातार बढ़ रही हो तो क्या होगा?
तब सिमप्लीसियस, का कहा ठीक होगा। तब पत्थर A के पीछे, B पर गिरेगा।
तुम्हारा मतलब समान गति इतनी विशेष है?
शायद!
इसने "गैलिलियो के सापेक्षिक सिद्धांत" को जन्म दिया।
अगर किसी बंद कमरे में कोई यांत्रिक प्रयोग किया जाए तो यह समान गति और स्थिरता के बीच में अंतर करना मुश्किल होगा।
1500
1600
1700
1800
1905
इसकी धुन प्यारी है!
गैलिली ने पहला टेलिस्कोप बनाया और उससे रात के आसमान में सितारों को निहारा।
और उसने देखा
चंद्रमा - पहाड़ियों और घाटियों से भरा...
शुक्र और मंगल ग्रह चंद्रमा की तरह कलाएं दिखाते हुए...
बृहस्पति और उसके तीन चंद्रमा को...
आकाश-गंगा के असंख्यों तारों और समूहों को!
अंत में!
इन अवलोकनों से कोपरनिकस के विचारों को अकाट्य समर्थन मिलता है।
चर्च के लिए इतना सब बर्दाश्त करना बहुत मुश्किल हो गया। गैलिलियो को कालकोठरी में कैद रखा गया और उसे अपने विचारों को झूठ करार देने के लिए मजबूर किया गया।
मैं अपने झूठे विचारों को छोड़ता हूं.... कि सूर्य, ब्रह्मांड का केन्द्र है...
काश दूसरी जिंदगी में मैं, गति के नियमों पर काम कर पाता।
दुनिया के महानतम भौतिकशास्त्रियों में से एक - गैलिलियो गैलिली, हारा-थका और अंधा, 1642 में चल बसा।
सोचो! क्या भौतिकी केवल गति के बारे में है?
नहीं, चलो हम अन्य चीजों पर निगाह डालें।

जहां एक ओर यांत्रिक विज्ञान तेजी से आगे दौड़ रहा था वहीं चुम्बकत्व और प्रकाश संबंधी विज्ञान कछुए की चाल से रेंग रहा था ....

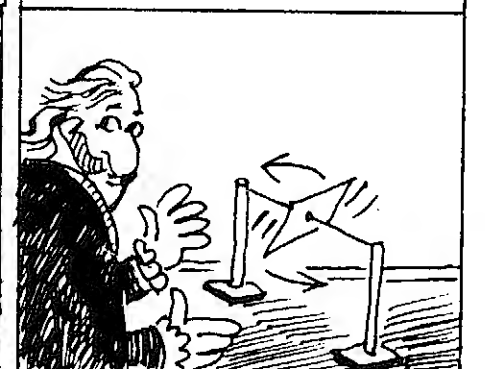
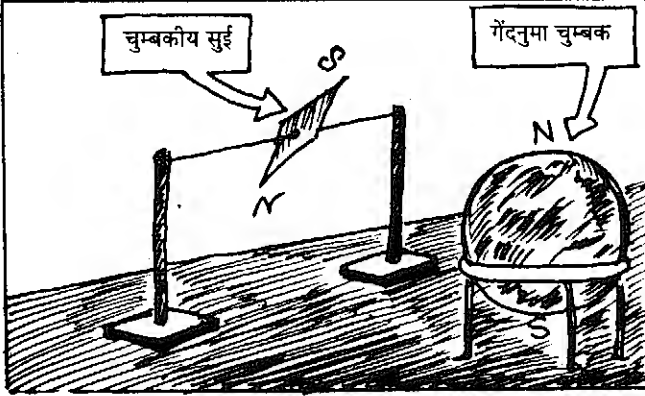
प्राकृतिक चुम्बकों (लोडस्टोन) से चीन के खदान मजदूर, प्राचीन जमाने से वाकिफ थे (2500 ई.पू.)।

चुम्बकत्व को हमेशा से ही एक गुप्त और रहस्यमय विज्ञान समझा गया।

चुम्बकों का "उत्तर" की ओर इंगित करने वाला गुणधर्म सबसे पहले किसने खोजा, यह आज भी किसी को नहीं पता।

परंतु 900 ई.पू. से ही लोग, चुम्बकीय सुईयों को, तूफानी समुद्रों में, दिशा खोजने के काम में ला रहे थे।

कई लोगों को चुम्बकीय बल एकदम रहस्यमय लगता था....

पेरिगरिनस नामके फ्रेंच इंजिनियर ने शायद चुम्बकों पर सबसे पहले वैज्ञानिक प्रयोग किए। उसने चुम्बकों के कुछ बहुत ही महत्वपूर्ण गुणधर्म नोट किए:

चुम्बक "उत्तर" की ओर मुंह क्यों करते हैं इस बारे में उसकी व्याख्या गलत थी!

इस स्थिति में आकर मामला बहुत सालों तक यानि विलियम गिल्बर्ट (1544 -1603) के समय तक लटका रहा ....

उसने पाया कि जब चुम्बकीय सुई को खड़ी अक्ष पर घूमने का मौका मिलता है तो वो पृथ्वी की ओर "झुक" जाती है।

चुम्बकीय सुई को एक गेंदनुमा चुम्बक के पास रखने पर भी लगभग वैसा ही "झुकाव" देखा जा सकता है।

इन सब तथ्यों के आधार पर गिल्बर्ट ने सुझाव दिया कि पृथ्वी खुद एक बहुत बड़ी चुम्बक है!

एक बात लोग यूनानियों के युग से ही जानते थे कि अगर अम्बर को रगड़ा जाए तो उसकी ओर तिनकों के छोटे टुकड़े आकर्षित हो जाते हैं।

....गिल्बर्ट ने इस गुणधर्म को कई अन्य पदार्थों में भी पाया। उसने इन्हें "इलेक्ट्रिक्स" का नाम दिया।

भौतिकी की एक और शाखा थी – ऑप्टिक्स, यानि प्रकाश, जिसमें कुछ विकास हो रहा था। अल हाज़ेन (965–1039) एक रंगीली ज़िंदगी बिता रहा था...

अल हाज़ेन ने पागल हो जाने का बहाना तो बनाया, पर वो छिपकर प्रयोग करता रहा!

उसने एक पिन-होल कैमरा भी बनाया....

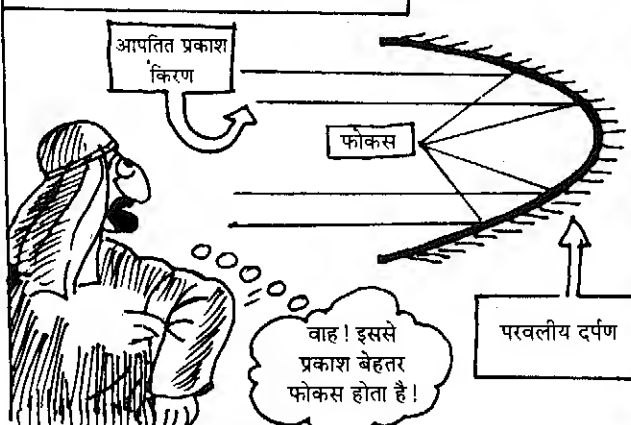
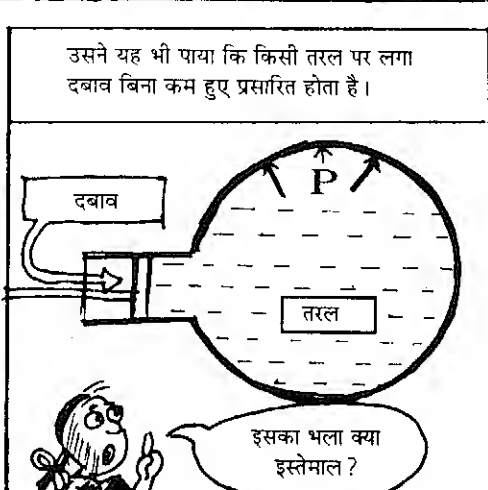
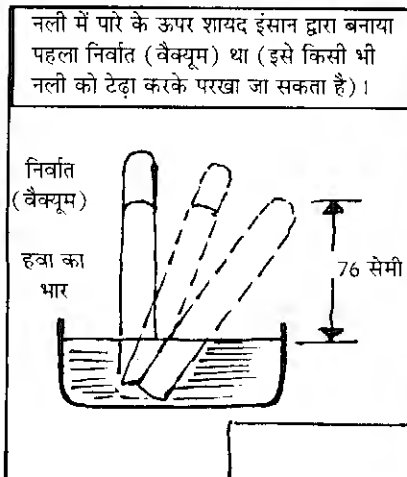
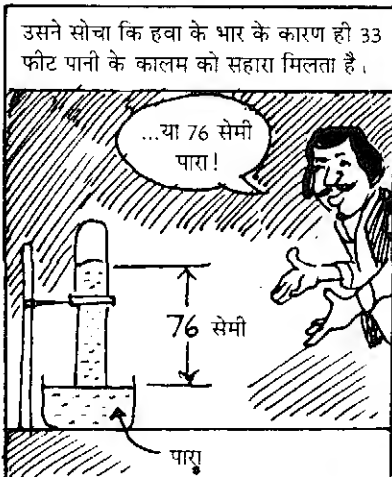
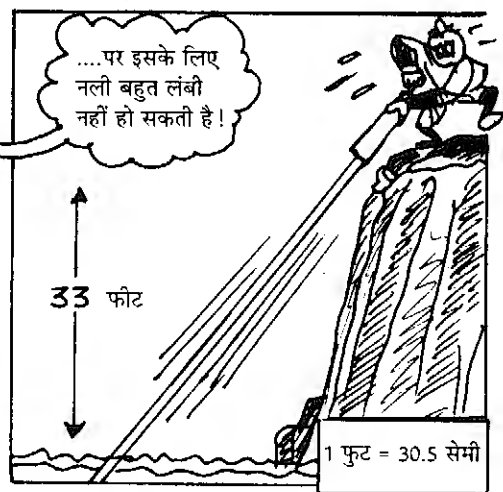
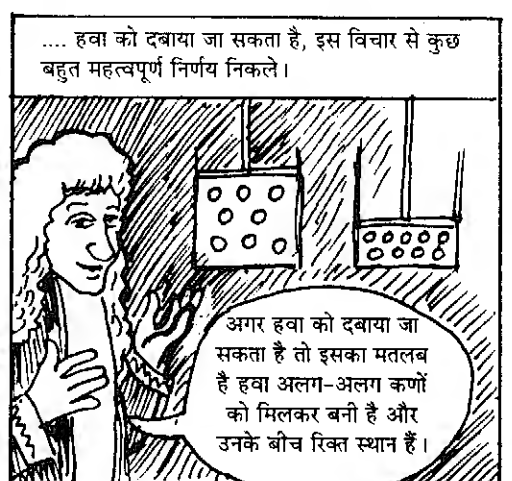
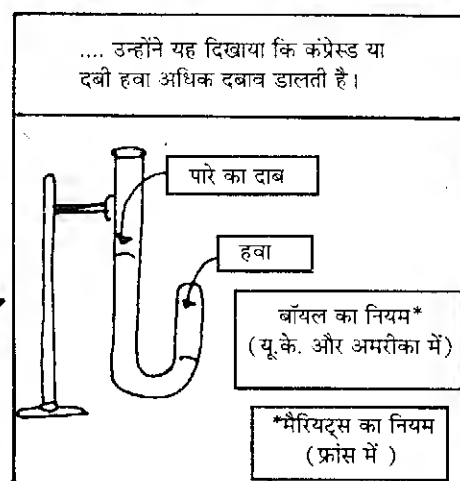
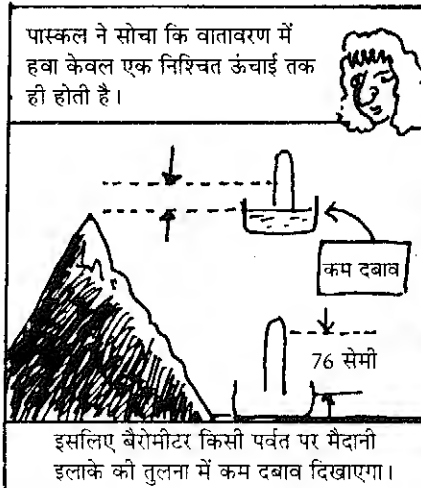
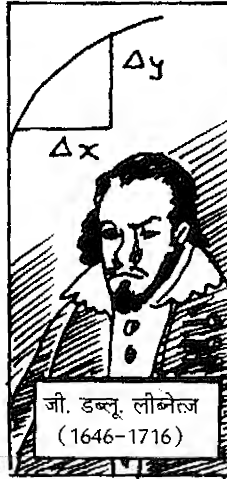
क्या मस्त और मजेदार शो है!

....और परवलय के आकार के दर्पण बनाए!

आपतित प्रकाश किरण

फोकस

परवलीय दर्पण

वाह! इससे प्रकाश बेहतर फोकस होता है!

अल हाज़ेन ने लेंसों के अलावा परावर्तन (रिफ्रैक्शन) और प्रतिबिंबन का भी अध्ययन किया। परंतु वह टेलिस्कोप ईज़ाद करने में असफल रहा!

स्पष्ट है कि सन् 1600 से पहले तक यांत्रिकी ही भौतिकी की रानी थी।

अपने अंतिम दिनों में गैलिलियो का एक बहुत ही काबिल सेक्रेट्री था....

टोरिसिली, पिस्टन किस प्रकार काम करता है उससे बहुत प्रभावित हुआ।

उसने सोचा कि हवा के भार के कारण ही 33 फीट पानी के कालम को सहारा मिलता है।

नली में पारे के ऊपर शायद इंसान द्वारा बनाया पहला निर्वात (वैक्यूम) था (इसे किसी भी नली को टेढ़ा करके परखा जा सकता है)।

ऑटो गुयरिक (1602-1686) उनके समकालीन थे। उन्होंने पहला हवा पम्प बनाया।

उसका सबसे मशहूर प्रयोग निर्वात की शक्ति को दिखाता है। इसमें दो अर्ध-गोलों को निर्वात द्वारा एक-दूसरे से चिपकाया जाता है। दो घोड़ों की टीमें भी अर्ध-गोलों को अलग-अलग करने में विफल होती हैं।

इन्हीं विचारों को ब्लेज़ पास्कल (1623-1662) ने आगे बढ़ाया। पास्कल बचपन से ही कुशाग्र था।

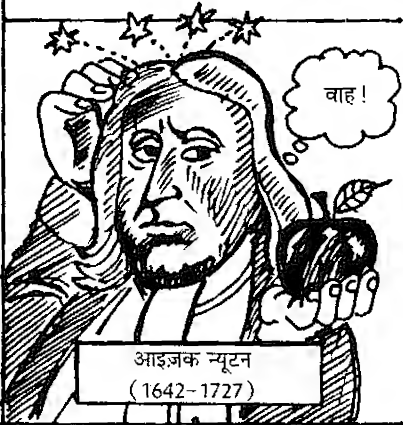
पास्कल जब 16 साल का था तो उसने शंकु के कटानों के ऊपर एक निबंध लिखा और 19 वर्ष की उम्र में दुनिया की पहली कैल्क्युलेटिंग मशीन बनाई।

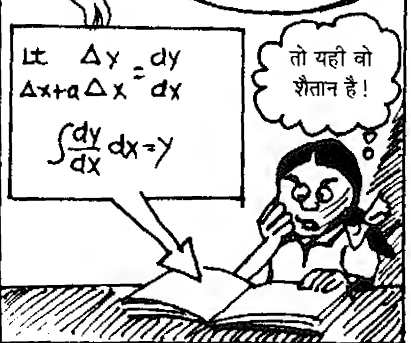
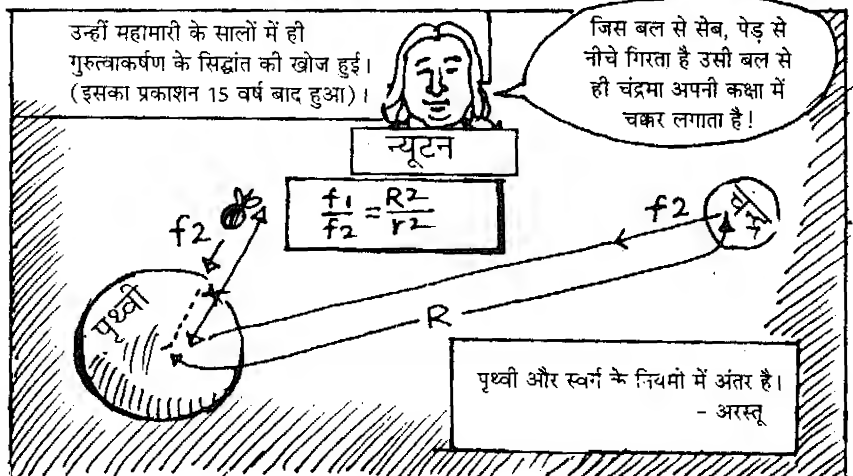
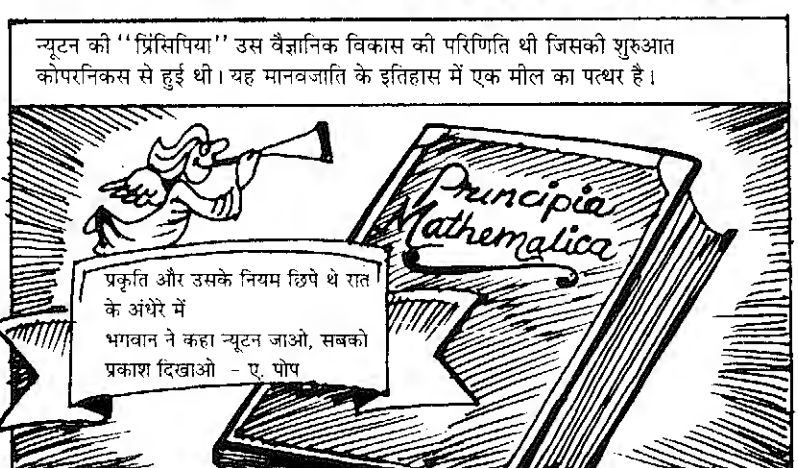
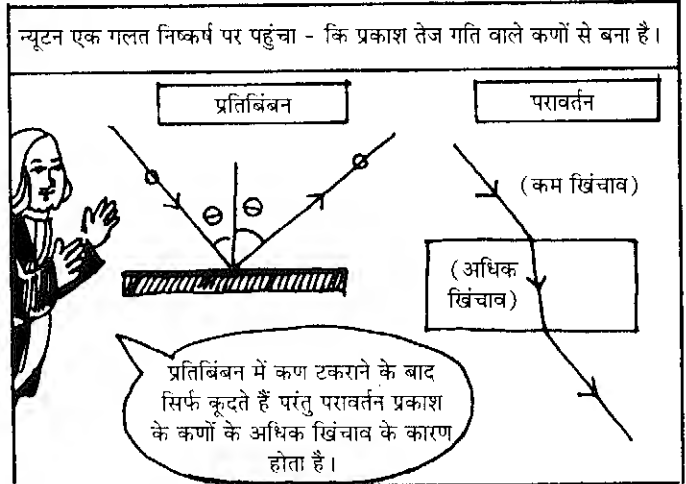
पास्कल ने संभावना के सिद्धांतों की भी नींव रखी। आगे जाकर इसका भौतिकी में बहुत अधिक उपयोग हुआ।

उसने यह भी पाया कि किसी तरल पर लगा दबाव बिना कम हुए प्रसारित होता है।

दबाव के अध्ययन में अगला महत्वपूर्ण कदम लेने वाला था ...

रॉबर्ट बॉयल (1627-1691)

इंग्लैंड में गृहयुद्ध के तुरंत बाद...

उसने ट्रिनिटी कॉलेज, केम्ब्रिज से स्नातक की डिग्री ली (1665) और फिर महामारी (प्लेग 1666-67) से बचने के लिए अपनी मां के फार्म पर शरण ली।

उसने इसी समय प्रकाश से संबंधित कई प्रयोग भी किए।
सफेद प्रकाश एक प्रिज़्म के ज़रिए सात रंगों में बिखर जाता है।
सफेद प्रकाश
प्रिज़्म
प्रिज़्म 1
प्रिज़्म 2
सफेद प्रकाश
....और दूसरे प्रिज़्म ने उन रंगों को वापिस मिला दिया....
परंतु अगर केवल एक रंग होता तो वो बिना बदले प्रसारित हो जाता।
सफेद प्रकाश
प्रिज़्म 1
पर्दा
प्रिज़्म 2

इन प्रयोगों से न्यूटन को बहुत सम्मान और प्रसिद्धी मिली (केम्ब्रिज की प्रोफेसरशिप 1669 में, और एफ.आर.एस. 1672 में)। साथ में उसके कई आजीवन दुश्मन भी बने, मिसाल के लिए हुक।

यह सब तो मैं पहले कर चुका हूं!
चाहे जैसे भी किया हो?

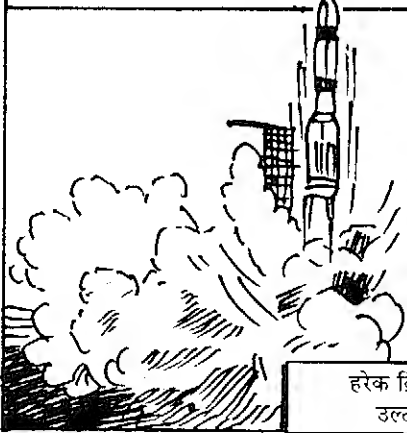
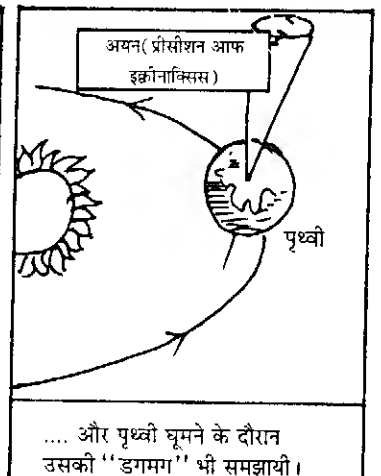
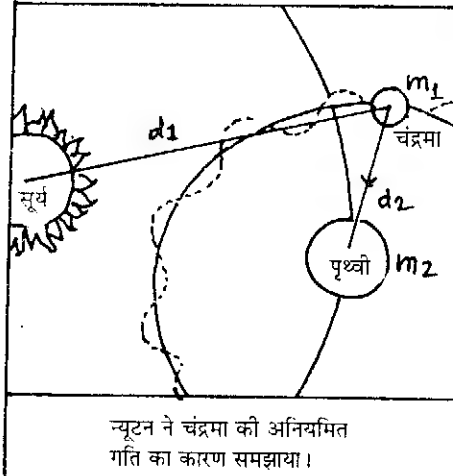
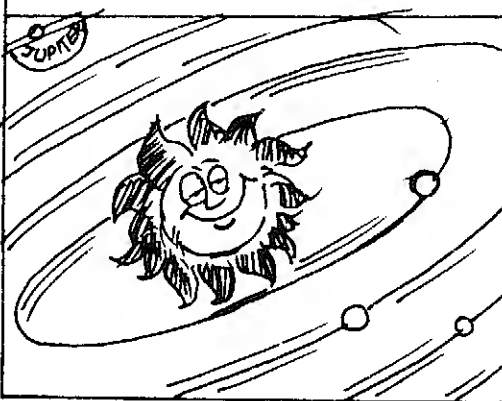
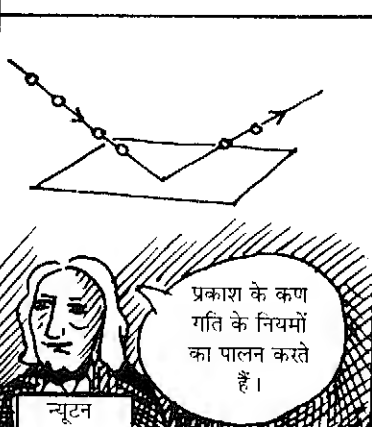
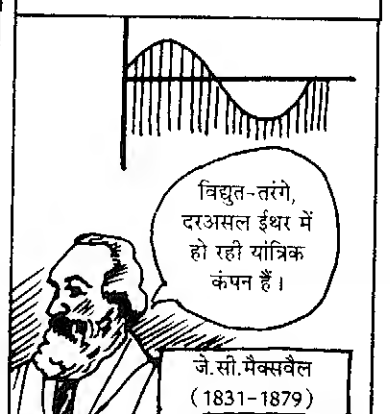
न्यूटन एक गलत निष्कर्ष पर पहुंचा - कि प्रकाश तेज गति वाले कणों से बना है।
प्रतिबिंबन
परावर्तन
(कम खिंचाव)
(अधिक खिंचाव)
प्रतिबिंबन में कण टकराने के बाद सिर्फ कूदते हैं परंतु परावर्तन प्रकाश के कणों के अधिक खिंचाव के कारण होता है।

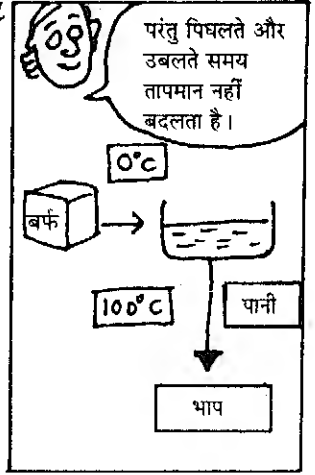
दरअसल इस वैकल्पिक व्याख्या के लिए हयूजेन्स जिम्मेदार था।
प्रकाश, ध्वनि की तरह ही तरंगों में आगे बढ़ता है।

ध्वनि तो किसी मोड़ पर मुड़ जाती है परंतु प्रकाश नहीं....
तुम्हें आज जेवर नहीं पहनने चाहिए थे।
ओह! बवाल मत खड़ा करो!

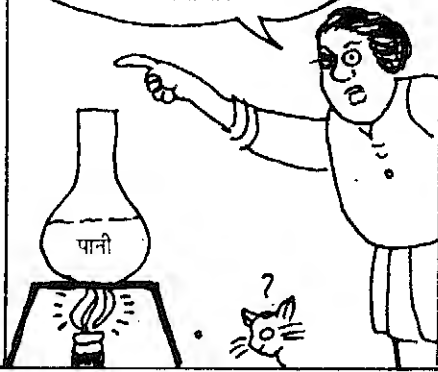
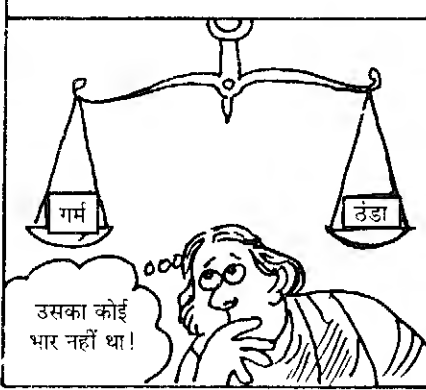
न्यूटन ने हयूजेन्स के मत को नकार दिया और उससे एक बड़ा विवाद खड़ा हो गया।
इतना फसाद! तो मैं अपना शोध प्रकाशित ही क्यों करूं?

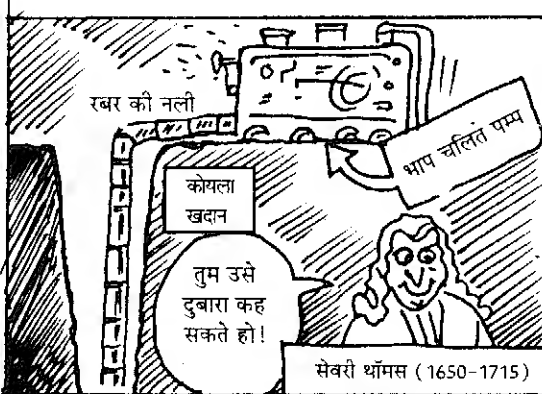
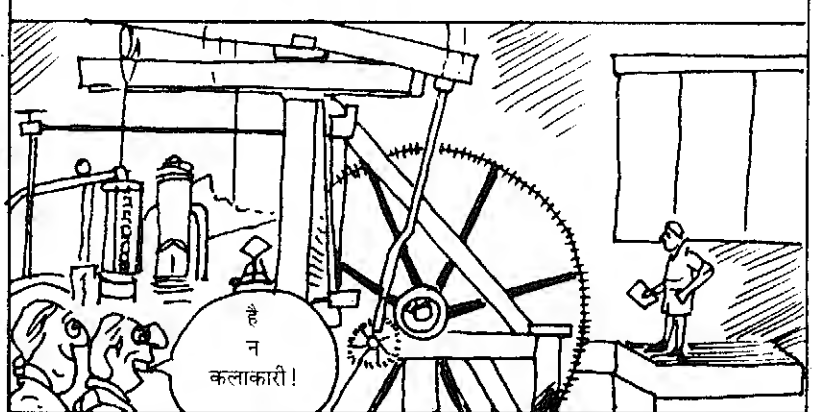
लेकिन एडमंड हेली ने न्यूटन को समझाया और उसे सच्चाई से अवगत कराया...
तुम्हारे शोधपत्र बेहद महत्वपूर्ण हैं। मैं उनके प्रकाशन का इंतजाम करूंगा।
और इस प्रकार न्यूटन की "प्रिंसिपिया" प्रकाशित हुई।

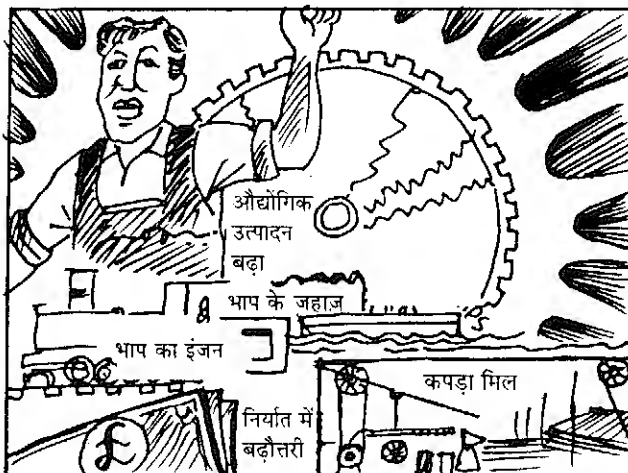
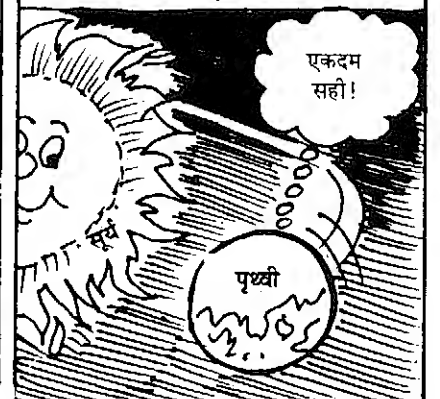
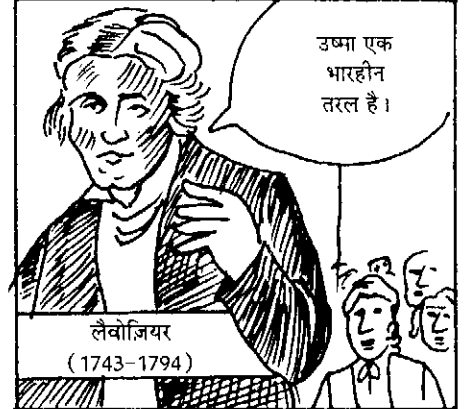
न्यूटन की "प्रिंसिपिया" उस वैज्ञानिक विकास की परिणिति थी जिसकी शुरुआत कोपरनिकस से हुई थी। यह मानवजाति के इतिहास में एक मील का पत्थर है।
Principia Mathematica
प्रकृति और उसके नियम छिपे थे रात के अंधेरे में
भगवान ने कहा न्यूटन जाओ, सबको प्रकाश दिखाओ - ए. पोप

हम आगे देखेंगे कि न्यूटन के प्रकृति संबंधी यांत्रिक दृष्टिकोण ने भविष्य के बहुत से भौतिकशास्त्रियों के विचारों को प्रभावित किया।

न्यूटन के बाद के वर्षों में विज्ञान के क्षेत्र में कुछ सरल लेकिन महत्वपूर्ण विकास हुए। रोएमर ने प्रकाश की गति को मापा।
बृहस्पति का चंद्रमा
बृहस्पति
पृथ्वी
सूर्य
A
B
C
1
बृहस्पति
पृथ्वी
सूर्य
A
B
2
बृहस्पति का प्रकाश चित्र 2 की अपेक्षा चित्र 1 में अधिक दूरी तय करता है। इस वजह से बृहस्पति के चंद्रमा के ग्रहण में कुछ देरी होगी।
इस देरी को माप कर और AB की दूरी ज्ञात कर मैं प्रकाश की गति मालूम कर सकता हूं... 227,0000 किमी/सेकंड*
ओ. रोएमर (1644-1710)
* शुद्ध मान 299,792 किमी/सेकंड
ब्रैडली का मान अधिक शुद्ध था क्योंकि उन्होंने पैरेलैक्स का तरीका अपनाया।
पैरा....क्या कहा?!
जिस प्रकार बारिश में कोई आदमी अपनी छतरी को एक कोण पर झुकाता है....
तारा
सही दिशा
आभासी दिशा
θ
पृथ्वी
.... पृथ्वी की गति जानने के लिए टेलिस्कोपों को एक कोण पर झुकाना पड़ता है।
पृथ्वी की गति और उसके झुकाव का कोण ज्ञात करके मैंने प्रकाश की गति मालूम की।
जे.ब्रैडले (1693-1762)
एक और बहुचर्चित विषय था-- तापमिति (थर्मोमेटरी) का...
पारा, अल्कोहल से बेहतर है।
जी. फैरिनहॉइट (1686-1736)
फैरिनहॉइट को अजीबो-गरीब नंबरों से बड़ा प्रेम था।
212°
उबलता पानी
180 भाग
जमता पानी
32°
100°
उबलता पानी
इसे भूल जाओ! इस तरह करो।
जमता पानी
0°
ए. सेल्सियस (1701-1744)
फैरिनहॉइट ने कुछ महत्वपूर्ण अवलोकन किए।
तरल चीजें सामान्यत: एक निश्चित तापमान पर ही उबलती हैं।
परंतु दबाव बढ़ाने पर यह बदल जाएगा!
WSSSSHHHH

उष्मा में तापमान के अलावा भी बहुत कुछ है। इस तथ्य को सबसे पहले जोज़ेफ ब्लैक (1728-1799) ने पहचाना।

आपको पानी को उबालना पड़ता है और तब भाप बनती है.....
बर्फ
....इसी तरह आपको पानी बनाने के लिए बर्फ को गर्म करना पड़ता है।

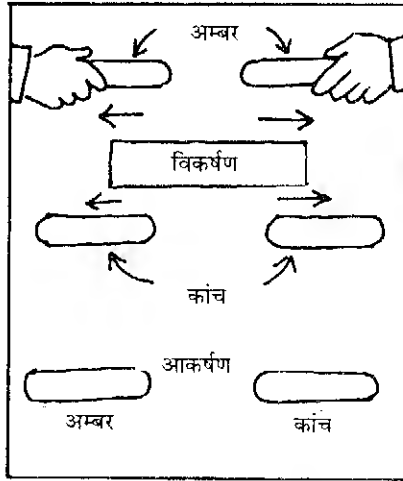
परंतु पिघलते और उबलते समय तापमान नहीं बदलता है।
0°c
बर्फ
100°c
पानी
भाप

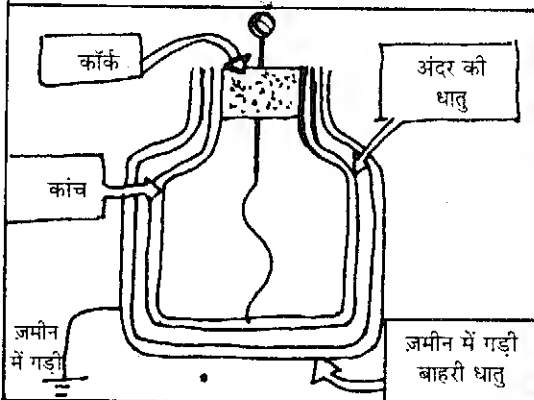
भाप में पानी की तुलना में कहीं अधिक उष्मा होती है - बचाओ!
पानी
?

उसने उष्मा की मात्रा को कैलोरी का नाम दिया। यह एक अजीब किस्म की चीज़ थी...
गर्म
ठंडा
उसका कोई भार नहीं था!

परंतु थी बहुत उपयोगी।
मैं इस कैलोरी से कुछ काम जरूर लूंगा!
वॉट एन आईडिया?
जेम्स वॉट (1736-1819)

एक बात पक्की है, कि जेम्स वॉट से पहले भी भाप के इंजन थे...
रबर की नली
भाप चलित पम्प
कोयला खदान
तुम उसे दुबारा कह सकते हो!
सेवरी थॉमस (1650-1715)

परंतु जेम्स वॉट ने पुरानी मशीनों को दुबारा डिज़ाइन करके उन्हें कहीं अधिक बेहतर बनाया।
है न कलाकारी!

1870 तक भाप की शक्ति को खूब उपयोग में लाया जाने लगा। इससे औद्योगिक क्रांति-युग की शुरुआत हुई।

औद्योगिक उत्पादन बढ़ा
भाप के जहाज़
भाप का इंजन
कपड़ा मिल
निर्यात में बढ़ौत्तरी

कभी-कभी क्रांति (रेवोल्यूशन) की आदत सी पड़ जाती है।
एकदम सही!
सूर्य
पृथ्वी

लैवोज़ियर को गलत साबित करने के बाद रमफोर्ड ने उसकी विधवा से शादी कर ली। परंतु उनकी शादी जल्द ही गाली-गलौज के बाद टूट गई।

18 वीं सदी तक बस इतना पता था कि विद्युत के दो प्रकार होते हैं।

अम्बर
विकर्षण
कांच
आकर्षण
अम्बर
कांच

लोगों को विद्युत संग्रह करना आता था।
लेयडन विश्वविद्यालय
क्या मुझे ताज़ी विद्युत भरा एक जार मिल सकता है।
UNIVERSITY OF LEYDEN

लेयडन जार में दो धातुओं को कांच से अलग किया जाता है। अंदर वाली धातु पर आवेश होता है।
कॉर्क
अंदर की धातु
कांच
ज़मीन में गड़ी
ज़मीन में गड़ी बाहरी धातु

कई वैज्ञानिक लेयडन जार पर काम कर रहे थे। उनमें एक थे बेंजामिन फ्रैंकलिन (1706-1790)
यह तो बिजली के चमकने जैसा है!
तड़ाक!
लेयडन जार

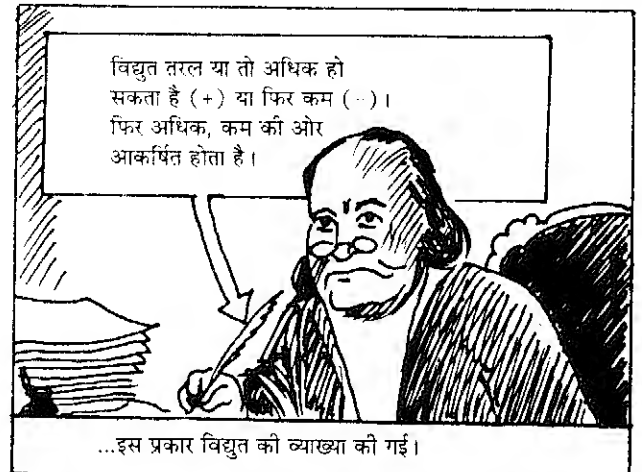
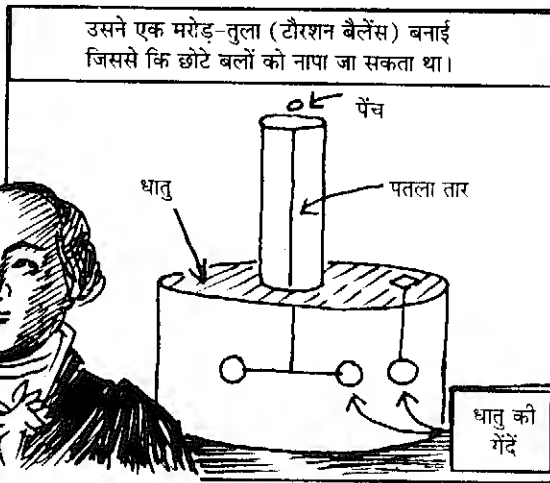
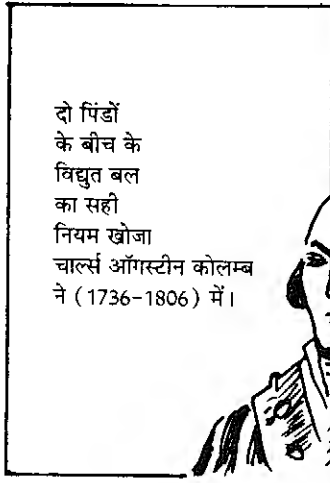
फ्रैंकलिन ने यह पता लगाने की चेष्टा की कि क्या बिजली कड़कने का वास्तव में विद्युत से कुछ लेना-देना है।
क्या मैं मिस्टर फ्रैंकलिन से मिल सकता हूं?
नहीं। वो अभी पतंग उड़ा रहे हैं!
बड़ी अजीब बात है!

गीली रेशम की डोरी
आसमान की बिजली से चाबी में आवेश आता है और फैंकलिन को झटका लगता है।

फ्रैंकलिन ने सबसे पहला बिजली निरोधक (लॉइट अरेस्टर) बनाया....
यह क्या है?
इससे बेंजी बिजली से बच सकेगा।
लोग कितने पागल होते हैं!

विद्युत तरल या तो अधिक हो सकता है (+) या फिर कम (-)। फिर अधिक, कम की ओर आकर्षित होता है।
...इस प्रकार विद्युत की व्याख्या की गई।

दो पिंडों
के बीच के
विद्युत बल
का सही
नियम खोजा
चार्ल्स ऑगस्टीन कोलम्ब
ने (1736-1806) में।
उसने एक मरोड़-तुला (टौरशन बैलेंस) बनाई
जिससे कि छोटे बलों को नापा जा सकता था।
पेंच
धातु
पतला तार
धातु की
गेंदें

विद्युत बल, दूरी के वर्ग
के उल्टे
अनुपात में होता है।

इस बीच, एक शर्मीले और एकांतवासी वैज्ञानिक ने भी इसी तुला और उसके नियमों को खोज निकाला।
खाना उधर रख दो और जल्दी से चली जाओ! मैं औरतों की परछांई भी बर्दाश्त नहीं कर सकता।
एच. कैवेंडिश
(1731-1810)
है
सचमुच में
पागल!
उसने आगे घोषणा की...
...मैं
न्यूटन के स्थिरांक G
का मान ज्ञात कर
सकता हूं।
$m_1 \leftarrow d \rightarrow m_2$
$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$

पर कभी प्रकाशित नहीं किया।
m
G - 981 सेमी / से ²
M
d
$M = \frac{gd^2}{G}$
... और इस प्रकार पृथ्वी
का भार ज्ञात कर सकता हूं।

इस समय विद्युत पैदा करने के लिए कुछ पदार्थों को आपस में रगड़ा जाता था। परंतु उससे अच्छी थीं कुछ प्रकार की मछलियां।
इलेक्ट्रिक ईल

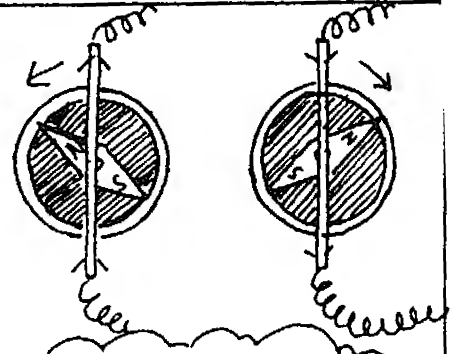
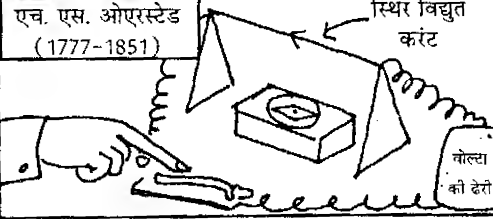
गैल्वानी ने पाया कि दो अलग धातुओं को छूने पर मेंढकों के पैर झटकने लगते हैं।
एल. गैल्वानी
(1737-1798)
जीवों में विद्युत का
एक और उदाहरण।
हां......
ए. वोल्टा
(1745-1827)

परंतु वोल्टा के अनुसार ये सभी रासायनिक
विद्युत के उदाहरण थे।
जीवों की
झिल्ली नहीं
चाहिए!
तांबा
जस्ता
नमक का
घोल

वोल्टा की तांबे-जस्ते की ढेरी ने, प्रयोग करने
वालों के काम को काफी आसान बना दिया...
विद्युत करंट
जस्ता
तांबा
नमक के घोल में भीगे
जस्ते के टुकड़े

इससे नेपोलियन के दरबार में
वोल्टा को खूब सम्मान मिला।
इस अच्छे
काम को
जारी रखो!
सम्राट ने
उसे पसंद
किया।
कहीं करंट
का झटका न
लग जाए!

वोल्टा की ढेरी से विद्युत के प्रयोगों को करना आसान हो गया। इससे अंत में एकीकरण हुआ...

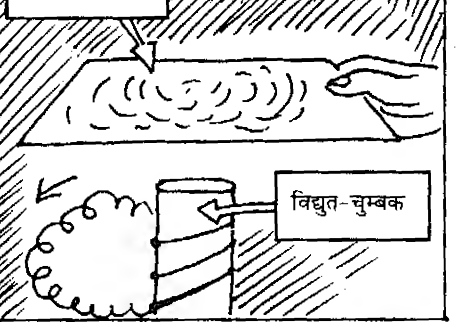
...और विद्युत और चुम्बकत्व आपस में मिल गए।
देखो! विद्युत करंट से चुम्बकीय सुई हिलती है।
एच. एस. ओएरस्टेड (1777-1851)
स्थिर विद्युत करंट
वोल्टा की ढेरी
सुई किस तरफ मुड़ती है यह करंट के बहने की दिशा पर निर्भर करता है।

इस प्रयोग के पश्चात कई लोगों ने प्रयोग किए, खासकर एम्पियर ने...
क्या एक करंट का दूसरे पर प्रभाव पड़ता है?
ए. एम. एम्पियर (1775-1836)

हां अवश्य पड़ता है!
जहां भी विद्युत करंट समानांतर होता है वहां तार एक-दूसरे की ओर आकर्षित होते हैं।

शायद विद्युत करंट से चुम्बकत्व भी पैदा होता हो। यह भी संभव है।

मैं एक नली के चारों ओर तार के कई चक्कर लपेटता हूं....

... और फिर उसमें करंट बहाकर देखता हूं।
वोल्टा की ढेरी

अचरज की बात यह हुई, कि तार की कुंडली ने, एक छड़ चुम्बक जैसा काम किया!
लोहे का बुरादा
विद्युत-चुम्बक

यह इतिहास में एक महान क्षण था।
विद्युत से चुम्बकत्व पैदा किया जा सकता है।

एम्पियर ने चुम्बकत्व के बारे में सही ही सोचा था।
N S
चुम्बकीय पदार्थों में छोटे-छोटे विद्युत करंट होते हैं।

मैं सोच रहा हूं कि क्या चुम्बकों से भी विद्युत पैदा की जा सकती है?

इसका उत्तर था....

फैराडे के पिता एक गरीब लोहार थे। उनके दस बच्चे थे। शायद इससे फैराडे को कुछ लाभ हुआ।

... फैराडे ने उसका सही उपयोग किया।

हम्फ़्री डेवी के पास नौकरी मिलने पर उसने विद्युत प्रयोग शुरू किए ....

.... जिनके चौंका देने वाले नतीजे निकले।

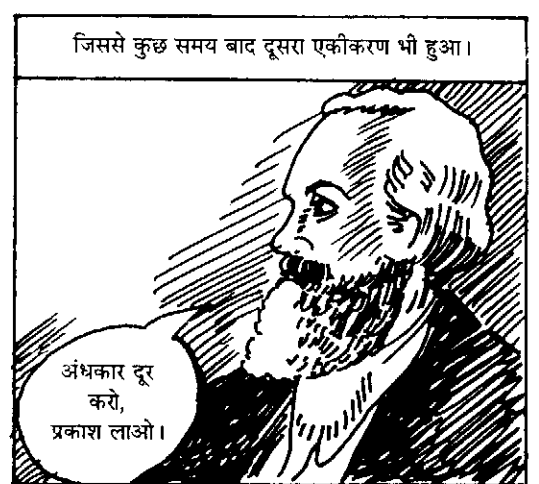
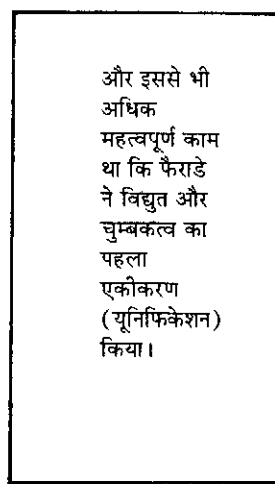
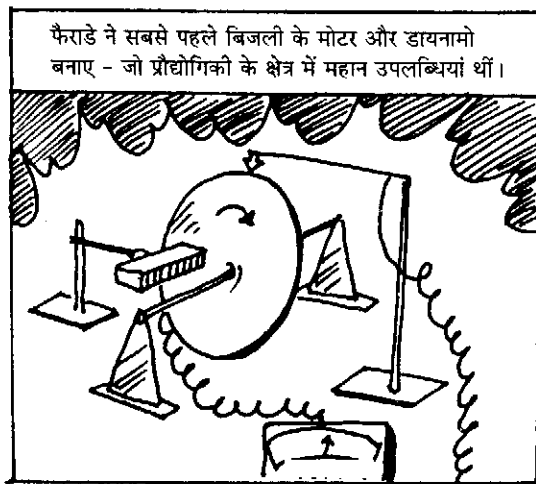
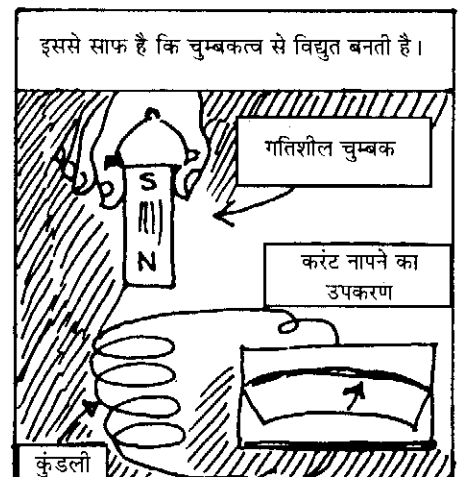
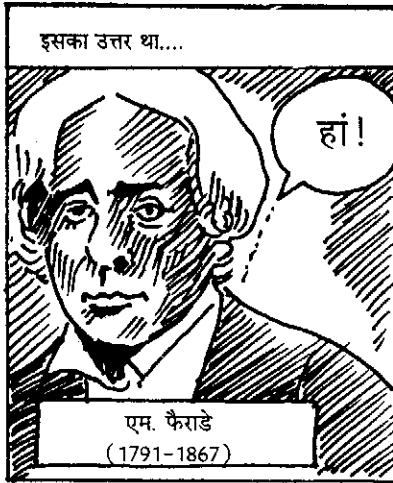
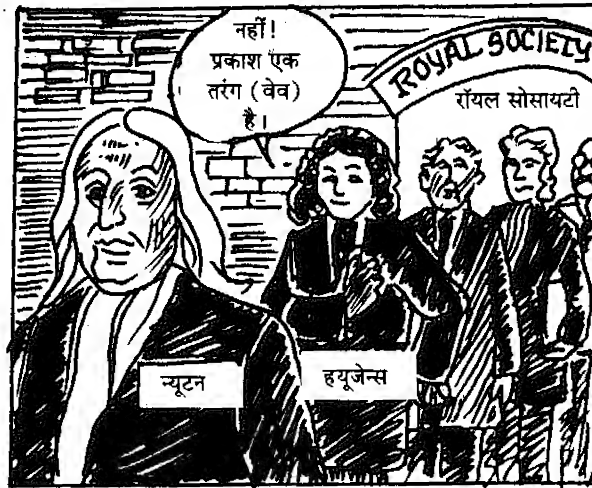
इससे साफ है कि चुम्बकत्व से विद्युत बनती है।

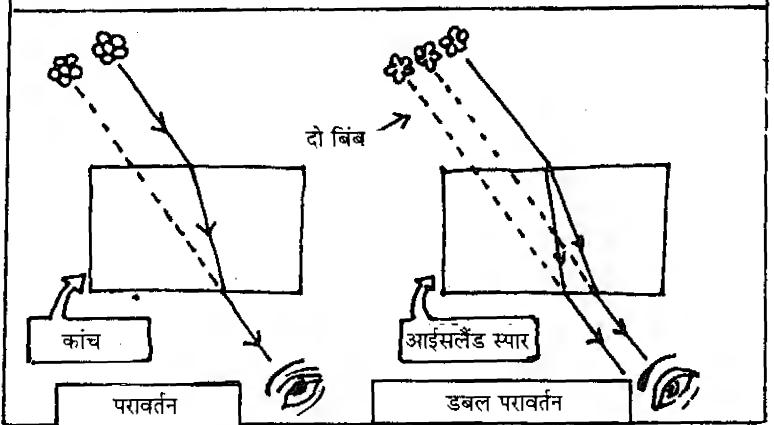
फैराडे ने पहला "ट्रांस्फार्मर" बनाया।

फैराडे के भाषणों को सुनने के लिए लोगों की भीड़ उमड़ पड़ती थी।

फैराडे ने सबसे पहले बिजली के मोटर और डायनामो बनाए - जो प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में महान उपलब्धियां थीं।

और इससे भी अधिक महत्वपूर्ण काम था कि फैराडे ने विद्युत और चुम्बकत्व का पहला एकीकरण (यूनिफिकेशन) किया।

जिससे कुछ समय बाद दूसरा एकीकरण भी हुआ।

जैसा हम पहले कह चुके हैं न्यूटन का मत था कि प्रकाश कणों का बना होता है और इसीलिए स्पष्ट परछाईयां पड़ती हैं।

सभी बातों की? शायद नहीं! यही एक स्फटिक था – आईसलैंड स्पार जो काफी परेशानियां खड़ी कर रहा था।

आईसलैंड स्पार प्रकाश की किरण को दो में बांट रहा था ....

....इसे न्यूटन नहीं समझा पाया...

पर हयजेन्स भी इसका सही जवाब नहीं दे पाया!

मामला काफी समय तक लटका रहा – थॉमस यंग के आने तक – जो बचपन से ही अद्‌भुत प्रतिभा से सम्पन्न था।

यंग ने दिखाया कि प्रकाश में व्यतिकरण (इंटरफियरेंस) और विवर्तन (डिफरैक्शन) होता है। इसमें दो तरंगें भाग लेती हैं।

मैं प्रकाश की एक किरण को दो छेदों में से भेजकर देखता हूं।
थॉमस यंग

व्यतिकरण से चमकीले और अंधेरे धब्बे उत्पन्न होंगे।
दो प्रकाश की किरणों से अंधेरा बढ़ेगा

परंतु इनकी तरंग-लंबाई तो बहुत छोटी है।

यह सब मान लिया ठीक है - परंतु आईसलैंड स्पार?
अरागो (1786-1853)
मैं इसका सही उत्तर दे सकता हूं।

देखो, हयूजेन्स की तरंगों से नहीं।
क्योंकि वे गलत तरह की तरंगे थीं!

हयूजेन्स की तरंगे यात्रा की दिशा में ही कंपन करती थीं - एकदम ध्वनि की तरंगों की तरह...
विरल
दबी हुई
अनुदैर्ध्य तरंगें

"....प्रकाश तरंगे यात्रा की दिशा के लंबवत कंपन करती हैं..."

... और इस कारण उनकी दो स्थितियां हो सकती हैं।
1
या
2

आईसलैंड स्पार 1 और 2 को अलग-अलग मोड़ता है।

थॉमस सही था। मैं उसका प्रमाण दे सकता हूं।
छोड़ो!
फ्रेस्नेल (1788-1827)

तुम अगर इतना जानते हो तो मुझे बताओ कि प्रकाश में असल में क्या कंपन करता है?
.... देखो, कोशिश करता हूं। हम एक विरल माध्यम ईथर की कल्पना करें?

तो फिर हमें ईथर का कुछ असर क्यों नहीं दिखता है?
शायद हमने उसे तलाशा ही न हो।

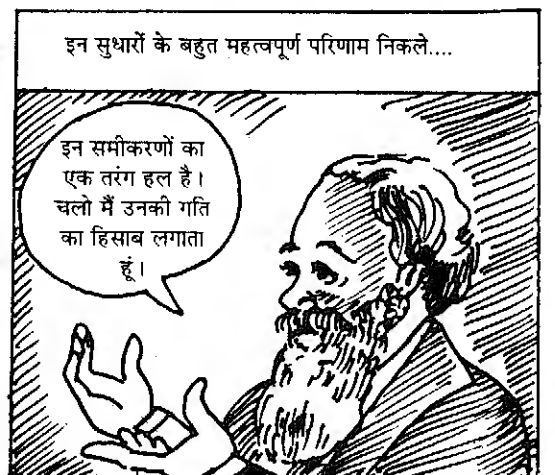
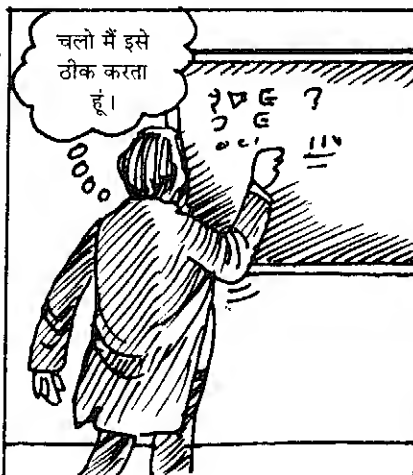
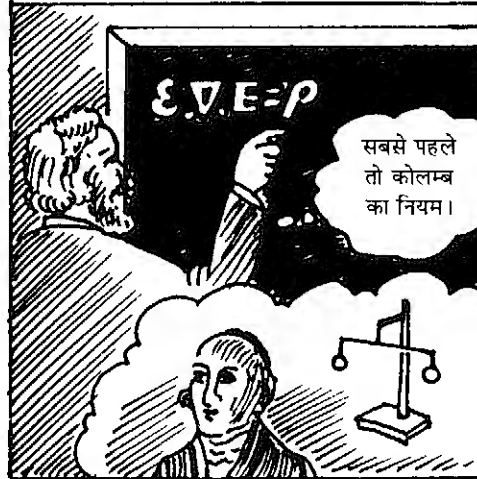
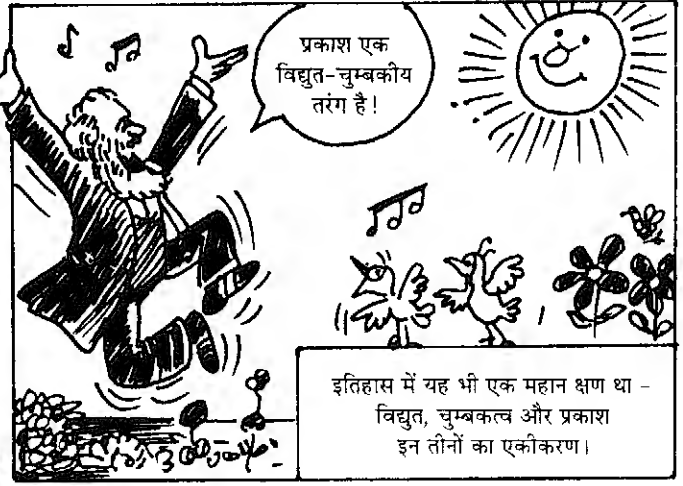
बहुत रोचक है, क्यों है ना?
आइंस्टीन
काफी!
जे.सी.मैक्सवैल

प्रकाश की प्रकृति पर एक और महान वैज्ञानिक जेम्स कर्लाक मैक्सवैल (1831-1879) ने भी प्रकाश डाला।

उसमें बचपन से ही विलक्षण प्रतिभा थी....

...जब उसका पहला वैज्ञानिक निबंध रॉयल सोसायटी ऑफ ऐडिनबर्ग में पढ़ा गया तब मैक्सवैल की उम्र 15 साल थी।

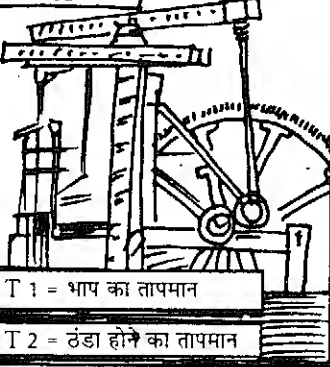
कुछ साल के बाद उसने विद्युत-चुम्बकत्व का अध्ययन किया...

इन सुधारों के बहुत महत्वपूर्ण परिणाम निकले....

मैक्सवैल के समीकरणों के अनुसार, कंपन करते हुए आवेश, विद्युत-चुम्बकीय (ई एम) तरंगे बिखेरते हैं

उष्मा और यांत्रिकी को आपस में जोड़ कर थर्मोडायनामिक्स (उष्मा गतिकी) बनाने के काम में अनेक वैज्ञानिकों का योगदान था। इस काम को शुरू किया सादी कार्नोट ने।

एस. कार्नोट (1796-1832)

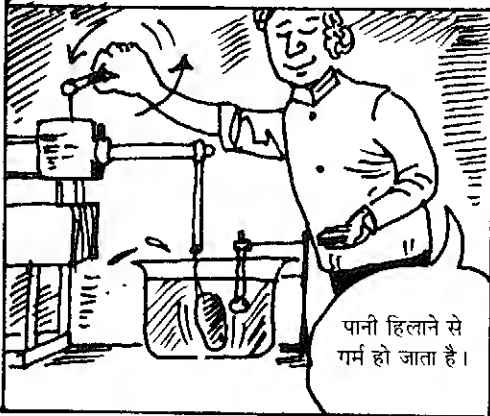
उसे इसका उत्तर जल्द ही मिल गया....

आदर्श इंजनों की कार्यकुशलता तो इससे भी कम है!

और ज़्यादातर इंजन तो आदर्श इंजन से कहीं दूर हैं!

उष्मा और गति के बीच के संबंध पर कुछ अन्य लोगों ने भी काम किया।

जे.पी.जूल (1818-1889)

डब्लू.टी. केल्विन (1824-1907)

जूल ने यांत्रिक गति द्वारा पैदा उष्मा को काफी बारीकी से मापा....

....उसका हनीमून भी विज्ञान को समर्पित था।

अंत में उसने अपना सिद्धांत रचा....

... इसे पत्रकारों ने अस्वीकार किया....

जिसने जूल को विज्ञान का प्रचार अखबारों* के माध्यम से...

...करने के लिए मजबूर किया।

*केवल अखबारों से

लोग जूल के काम की प्रशंसा करने लगे, पर इसके पीछे केल्विन का प्रभाव था।
जर, सुनो तो! वह सही बात कह रहा है।

जब कोई लुढ़कती गेंद रुकती है .....

तब उसकी गतिज ऊर्जा, उष्मा में बदल जाती है और उसका तापमान बढ़ जाता है।

केल्विन को अब अपने बनाए "परिशुद्ध (एब्सल्यूट) ताप पैमाने" का महत्व समझ में आया।
100C
50°
0°C
-100°
-200°
-273°C
373°k
273°k
0k
यहां पहुंचने पर सब हलचल बंद हो जाती है।

उष्मा भी ऊर्जा का ही एक रूप है। इस समझ के बाद ही उष्मागतिकी का पहला नियम सामने आया। उससे कुछ लोगों.....
चक्का
पिस्टन
बॉयलर
आग
कुल ऊर्जा = उष्मा + यांत्रिक ऊर्जा = स्थिरांक
एच.एल.एफ. हेल्मोल्ट्ज (1821-94)

....के सामने परेशानी भरे सवाल खड़े हुए!
देखो थॉमस! गेंद खुद ब-खुद लुढ़कने क्यों नहीं लगती है, जिससे उसका तापमान कम हो जाए?
इसका जवाब बहुत कठिन है।

इसका उत्तर उष्मागतिकी (थर्मोडायनामिक्स) के दूसरे नियम के रूप में मिला।
S = ∫dQ/T
कोई बंद निकाय (सिस्टम) अपनी अव्यवस्था के स्तर को कम नहीं कर सकता*
क्लैशियस (1822-1888)
*इसे एंट्रोपी भी कहते हैं।

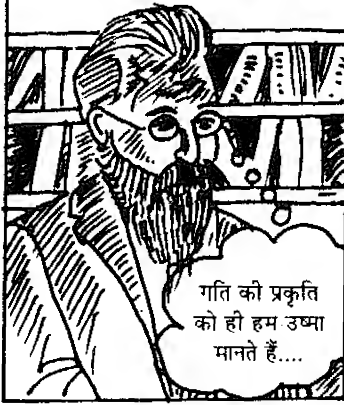
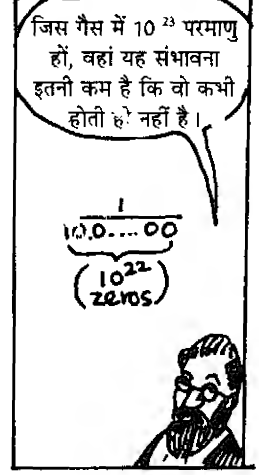
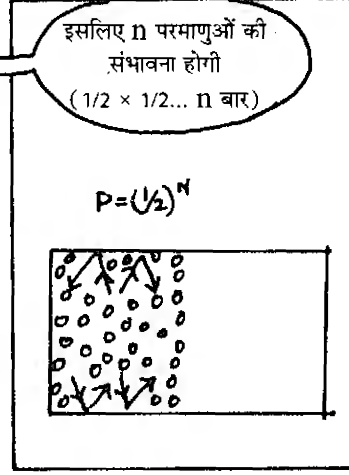
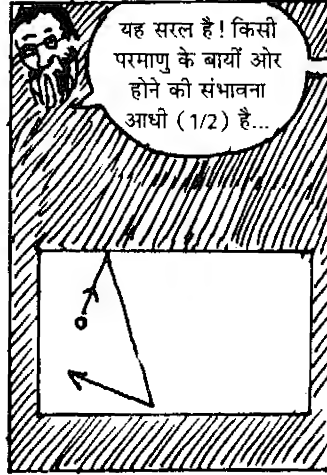
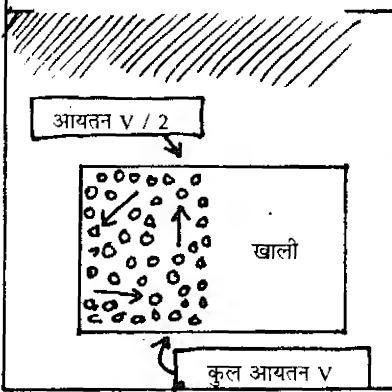
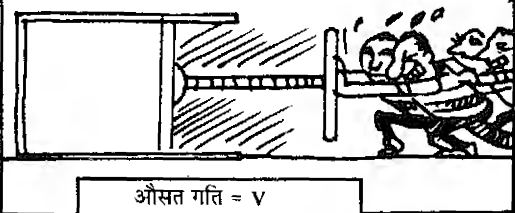
क्या गड़बड़?!
देखो! जब यह ढक्कन उठता है।
गैस
निर्वात
गैस
... तो डिब्बे में गैस भरती है।

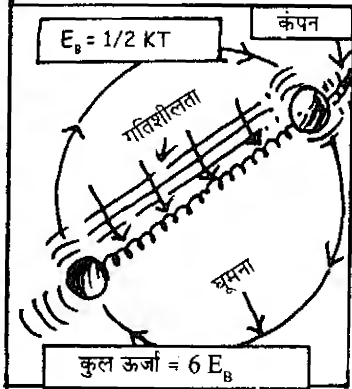
परंतु वो कभी भी अपनी पूर्वस्थिति में, अपने आप नहीं वापिस जाएगा।
गैस
गैस
निर्वात

क्या! कभी नहीं?
कभी नहीं!
सचमुच, कभी नहीं?
शायद ही कभी!

दूसरा नियम कई निरीक्षणों को समझाता है....
गेंद अपना तापमान कम करने के लिए खुद नहीं लुढ़कती है।
उष्मा ठंडी से गर्म वस्तुओं में नहीं बहती है।
दूध और कॉफी मिलने के बाद खुद-ब-खुद अलग-अलग नहीं होते।

परंतु दूसरे नियम को समझने के लिए हमें गैसों की गतिज व्याख्या की जरूरत होगी।
एस. बोल्टज़मैन (1844-1906)

यांत्रिकी और उष्मा के बीच, संपूर्ण संबंध स्थापित करने में दो वैज्ञानिकों का महत्वपूर्ण योगदान था - मैक्सवैल और....

गैसों के सभी परमाणु इस प्रकार क्यों नहीं बने रहते हैं ?

बोल्टज़मैन ने समझाया कि दाब, परमाणुओं की गतिशीलता के कारण ही पड़ता है....

....इसीलिए तापमान, बेतरतीब (रैंडम) गतिशीलता का एक माप बन जाता है।

गतिशीलता की आजादी के प्रत्येक अंश के साथ बोल्टज़मैन ने एक स्थिर ऊर्जा जोड़ी।

.... इससे बहुत सारे अवलोकनों को समझाने में मदद मिली परंतु सभी बातें फिर भी समझ में नहीं आईं!

इसी प्रकार की समस्याएं तब सामने आईं जब बोल्टज़मैन के विचारों से काली, गर्म कोटर द्वारा, प्रकाश के विकीरण को समझाने की कोशिश की गई।

रैले ने कोटर (कैविटी) में प्रकाश के अलग-अलग कंपनों की गणना की।
जरा देखूं तो, तरंगों की लंबाई 2L, 2L/2, 2L/3.... 2L/10 ....2L/1000.... , इस तरह से अनंत हो सकती हैं....
लार्ड रैले
(1842-1919)

... हरेक की ऊर्जा (KT) होगी और हरेक कोटर में अनंत ऊर्जा होगी।
यह सब क्या बकवास है?

पहला मौका जब तार्किक व्याख्या के बाद नतीजे बेवकूफी के निकले हों!
गैसों की आपेक्षिक उष्मा
काले पिंडों द्वारा विकिरण

प्रकाश के व्यवहार ने कई नए सिरदर्द खड़े किए।

देखो, मैं स्थिर खड़े रहकर इन्हें गति v से फेंक सकता हूं...
ए. माइकिलसन
(1852-1931)
ई. मोरले
(1838-1923)

अगर मैं यही काम दौड़ते हुए गति u से करूं तो ये पिंड (v+u) और (v-u) गति से चलेंगे।
(v+u)
(v-u)
ज़रा बच के रहो!

टकराहट!
अब तुमने देखा!
बाप रे! सावधान रहो

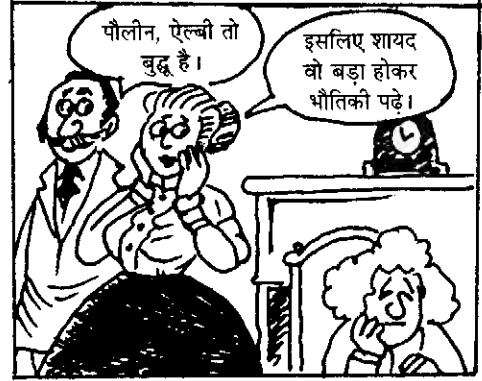
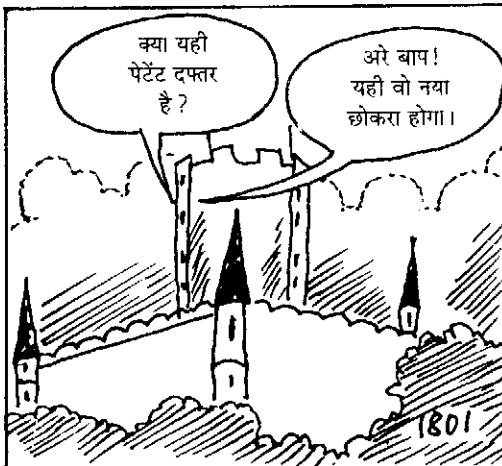
"ऐसा माना जाता था कि प्रकाश कंपन द्वारा ईथर में यात्रा करता है...
सूर्य
ईथर
पृथ्वी

.... इस स्थिति में, ईथर में घूमती पृथ्वी, अलग-अलग दिशाओं में प्रकाश की गति बदलेगी।"
C+u
C-u
EARTH
पृथ्वी का वेग v

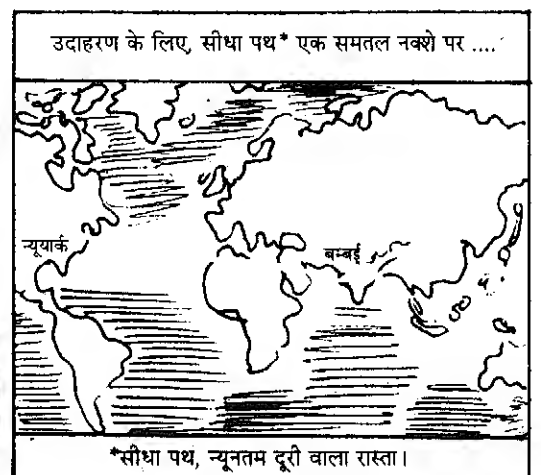
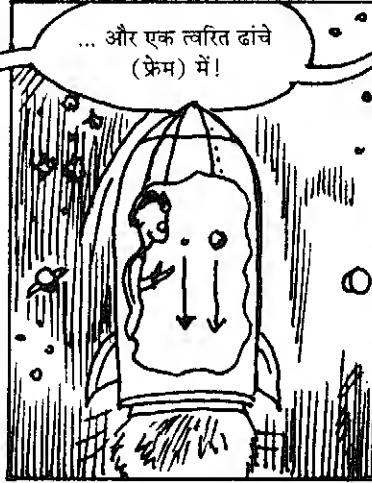
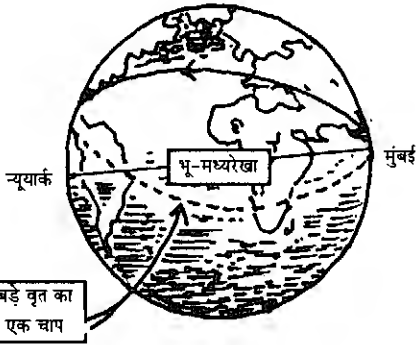
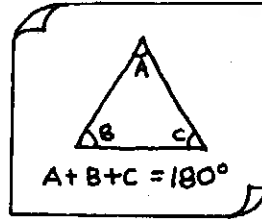
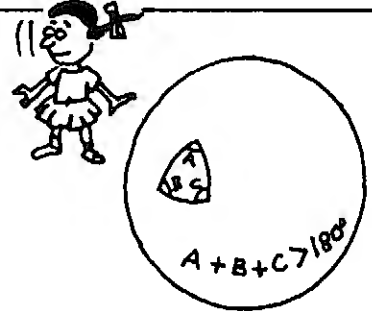
इस प्रभाव का पता लगाने के लिए एक संवेदनशील प्रयोग रचा गया....

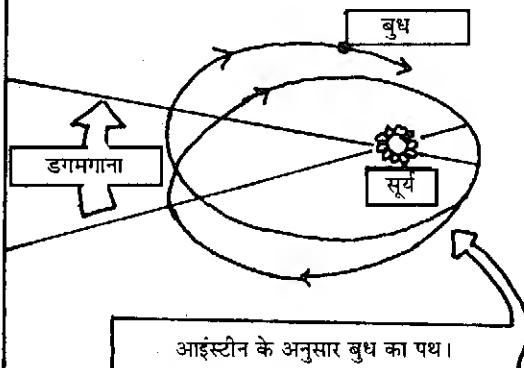
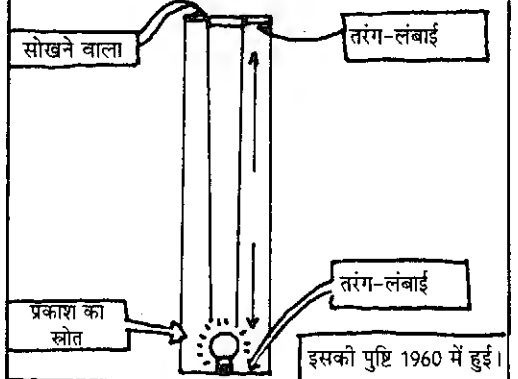
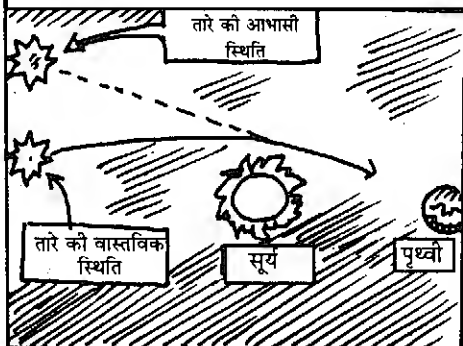
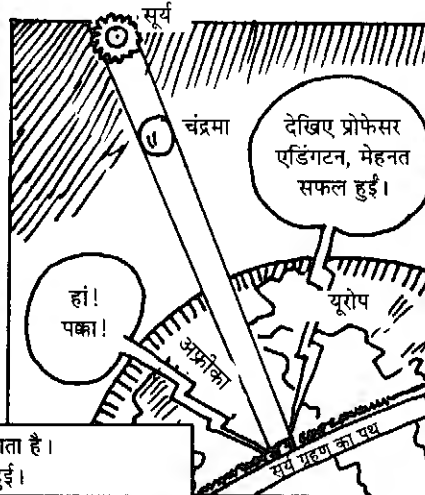
.... जिसका उत्तर शून्य निकला!
क्या प्रकाश की गति का स्रोत की गति से कुछ लेना-देना नहीं?
पर ऐसा कैसे हो सकता है?!

भौतिकी कैसी चल रही है, प्रोफेसर?
अच्छी! परंतु ये आपेक्षिक उष्मा और ईथर के प्रयोग दिक्कत दे रहे हैं।
19 वीं शताब्दी के अंत में, भौतिकी का यही हाल था।

शास्त्रीय भौतिकी की समस्याओं की वजह से कई बुनियादी अवधारणाओं में, क्वांटम-थ्योरी और सापेक्षता के कारण सुधार हुआ। सापेक्षता (रेलेटिविटी) एक क्रांतिकारी काम था....

पांच साल ज़्यूरिख में बिताने के बाद उसे अपने दोस्त - मार्सल ग्रोसमैन की सिफारिश के कारण बर्न में एक नौकरी मिलती है।

अल्बर्ट का यह भी मानना था कि भौतिकी के नियम इस बात में फर्क नहीं करते कि वस्तु स्थिर है या फिर वो एक-समान गति से चल रही है।

एक-समान
(यूनीफार्म)
गति से
असंतुष्ट होकर,
आइंस्टीन ने
रचना को और
व्यापक बनाया।
इससे तब
तक की सबसे
सुंदर व्याख्या
उभर कर
सामने आई।

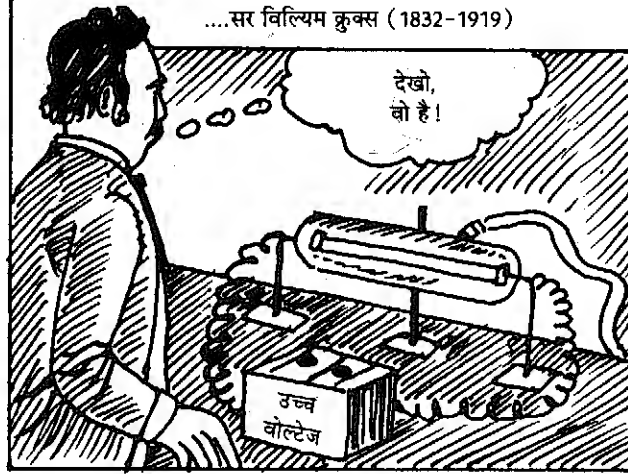
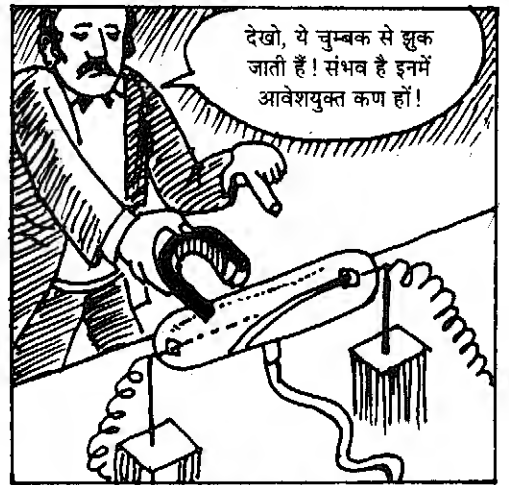
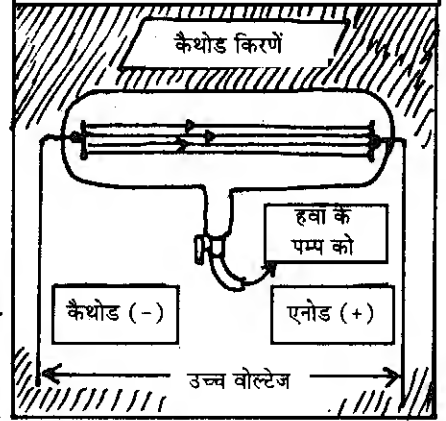
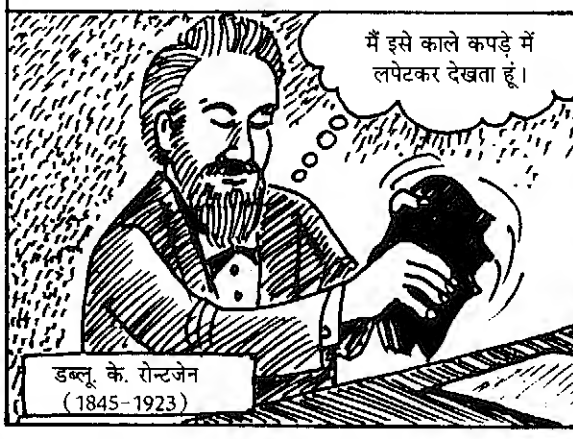
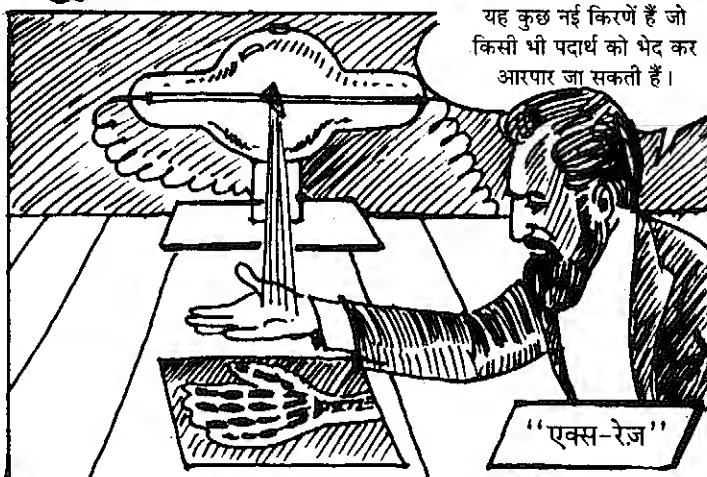
.... लंबा होगा, ग्लोब के सीधे पथ की तुलना में।
भू-मध्यरेखा
न्यूयार्क
मुंबई
बड़े वृत का एक चाप

मुड़ी हुई सतह की ज्यामिति, समतल सतह से बहुत भिन्न होती है।
A+B+C =180°
समतल पर ज्यामिति
A+B+C>180°
गेंद पर ज्यामिति

मुड़े हुए स्थान-समय की ज्यामिति का उपयोग कर आइंस्टीन ने, अपने गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांतों के परिणामों को दर्ज किया।

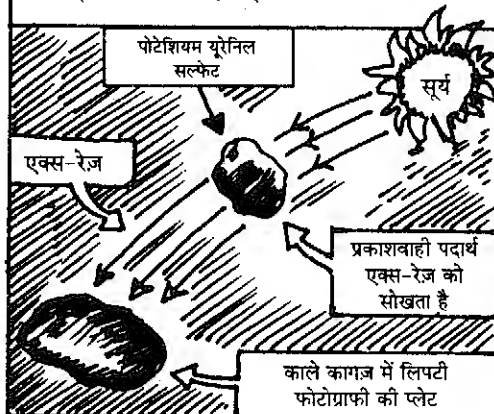
1. वो बुध ग्रह के डगमगाने (प्रीसेशन) को समझा पाया।
बुध
डगमगाना
सूर्य
आइंस्टीन के अनुसार बुध का पथ।

2. गुरुत्व के क्षेत्र में, प्रकाश की तरंग-लंबाई लाल की ओर झुकती है।
सोखने वाला
तरंग-लंबाई
तरंग-लंबाई
प्रकाश का स्रोत
इसकी पुष्टि 1960 में हुई।

3. प्रकाश की किरणें यात्रा करते समय सूर्य की ओर मुड़ती हैं...
तारे की आभासी स्थिति
तारे की वास्तविक स्थिति
सूर्य
पृथ्वी
.... इससे तारे के बिंब में थोड़ा सा अंतर आता है। इसकी पुष्टि 1919 के सूर्य ग्रहण के दौरान हुई।

सूर्य
चंद्रमा
देखिए प्रोफेसर एडिंगटन, मेहनत सफल हुई।
हां! पक्का!
यूरोप
अफ्रीका
सूर्य ग्रहण का पथ

तारे के फोटोग्राफ्स से सिद्धांत की पूरी तरह पुष्टि हुई।
बढ़िया! बहुत खूब!
हां! हां! क्या सिद्धांत है!
सिद्धांत? मेरा मतलब है फोटो से।

न्यूटन के बाद शायद ही किसी एक इंसान को इतनी शोहरत और सम्मान मिला हो।

भागो!
प्रोफेसर, ऑटोग्राफ!
आप कौन सा साबुन प्रयोग करते हैं?
हमारा नया क्लब है। आप उसके चेयरमैन बनें।
हमारी बैठक में भाषण दें।
हमारा नया देश है। उसके राष्ट्रपति बनें।
मेरे पति बनें!

सौभाग्यवश, आइंस्टीन अपनी मृत्यु तक एक अच्छे इंसान बने रहे।
मुझे माफ करो!
!!!

जहां एक ओर सापेक्षता की क्रांति प्रगति पथ पर थी, वहीं पर दूसरी ओर वैज्ञानिक पदार्थ का ढांचा जानने की कोशिश में थे। शुरुआत में थे....

तमाम वैज्ञानिक परीक्षणों और प्रयोगों के बाद ही रोन्टजेन इस प्रश्न का सही उत्तर दे पाया।

एक्स-रेज़ की पूरी तरह जांच-पड़ताल की गई। फ्रेंच भौतिकशास्त्री ए. एच. बेक्विरिल ने प्रकाशवाही (ल्यूमनिसेंट) पदार्थों से निकले वाली एक्स-रेज़ का अध्ययन किया।

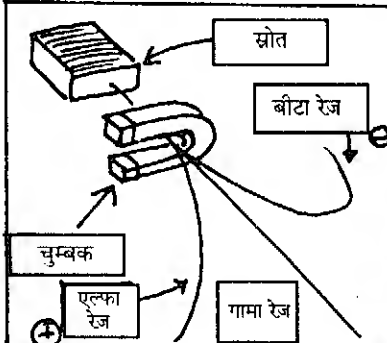
इस प्रयोग को उन्होंने इस प्रकार किया:

फिर एक दिन आसमान में बदली छाई ....

अभी प्लेट सूर्य की किरणों के सम्पर्क में नहीं आई थी फिर भी उन्होंने उसे विकसित किया।

इससे बेक्विरिल एक असाधारण निष्कर्ष पर पहुंचे।

इस विचार पर क्यूरी परिवार ने आगे काम किया।

इसका उत्तर अचरज भरा था।

तीन प्रकार के विकिरण होते हैं - एल्फा, बीटा और गामा।

सालों की अथक मेहनत के बाद वो एक सशक्त रेडियोधर्मी स्रोत - रेडियम को अलग कर पाए।

रेडियोधर्मिता से पदार्थ विज्ञान को, एक नया आयाम मिला।

थॉमसन के आणविक मॉडल में, दोनों ऋण और धन आवेश एक साथ थे।
जैसे किसी तरबूज में बीज होते हैं....
YAWN
जे.जे. थॉमसन
ई. रदरफोर्ड
(+)आवेश
(-)आवेश उसमें चिपके हुए
थॉमसन का आणविक मॉडल
इसके परीक्षण का कोई तरीका अवश्य होगा?
अगर मैं अणु को एक एल्फा कण से मारूं तो....
.... एल्फा कण का छिटका हुआ पथ मुझे अणु के बारे में जरूर कुछ बताएगा...
POK!
थॉमसन के अणु ने एल्फा कण के साथ ऐसा कुछ भी नहीं किया।
रदरफोर्ड ने धातु की पत्री (फॉयल) से, एल्फा कणों के छिटकने का अध्ययन किया।
पागल करने वाली सूची
A: एल्फा कणों का स्रोत
B: धातु की पत्री
S: चमकता हुआ पर्दा
M: सूक्ष्मदर्शी
R: घूमने वाली कोटर (कैविटी)
C: कॉफी
इस प्रयोग के परिणाम अचम्भे में डालने वाले थे।
अपेक्षित
कम झुकाव
वास्तविक
अणु ?
टकराकर वापिस
अधिक झुकाव
प्रश्न: अणुओं के किस मॉडल से इस प्रकार के छिटकने को समझाया जा सकता है? उत्तर:
आर.सी.फाउलर
मैं इसकी सैद्धांतिक गणना कर सकता हूं समझे!
सिद्धांत? छोड़ो!
चलो! करके दिखाओ।
अच्छा, देखो यह रहा!
(-)आवेश कक्षा में
(+) आवेश केंद्र में

अच्छा! बहुत अच्छा! एकदम ग्रहों जैसा।
नहीं! मुझे यह कोई खास जंच नहीं रहा है।
एन. बोहर (1885-1962)

इलेक्ट्रान
नाभिक
प्रकाश
क्योंकि एक चक्कर खाता इलेक्ट्रान ऊर्जा विकिरित करेगा इसलिए वो धीरे-धीरे करके केन्द्र में जाकर गिरेगा।

इसका मतलब, हमारे नियमों के अनुसार अणु हो ही नहीं सकते!
चलो, फिर हम इन नियमों को ही बदलें।

बोहर ने किस तरह नियम बदले यह जानने के लिए हमें कुछ वर्ष पहले जाना होगा। एक इंसान उस समय, इन नियमों के साथ खेल रहा था।

E
सैद्धांतिक
वास्तविक
हमारे नियम किसी कोटर (कैविटी) में विकिरण को नहीं समझा सकते। चलो, मैं नियम ही बदलता हूं।
एम. प्लैंक (1858-1947)

"विकिरित ऊर्जा को केवल छोटी-छोटी इकाईयों - क्वांटा में ही सोखा या प्रसारित किया जा सकता है।"

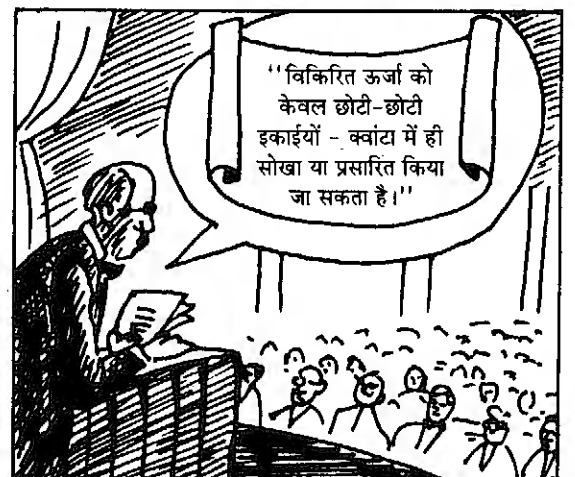
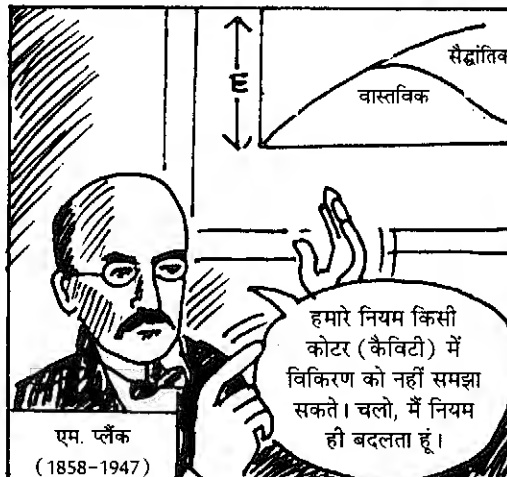
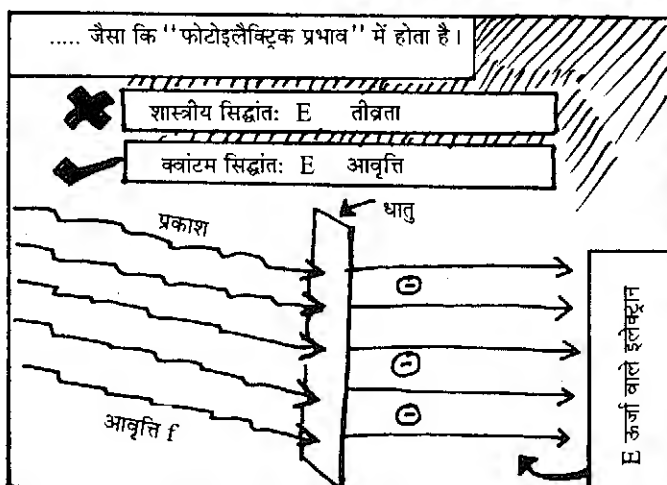
प्लैंक ने एक नया स्थिरांक जोड़ा।
एक क्वांटा की उर्जा = h x आवृत्ति
h= 6.6 x 10-27 अर्ग . सेकंड

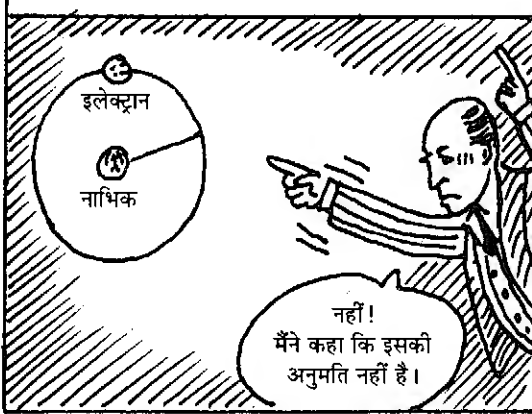
ये क्वांटा असल में क्या हैं?
मुझे नहीं पता!

पर इस सबके बावजूद क्वांटा कई बातों को समझाने में सक्षम थे ....
शायद विकिरण खुद भी क्वांटा में ही होता है।
अभी-अभी दिख रहा था और अभी गायब।

..... जैसा कि "फोटोइलैक्ट्रिक प्रभाव" में होता है।
शास्त्रीय सिद्धांत: E तीव्रता
क्वांटम सिद्धांत: E आवृत्ति
प्रकाश
धातु
आवृत्ति f
E ऊर्जा वाले इलेक्ट्रान

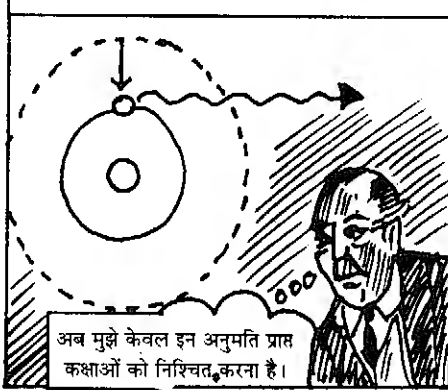
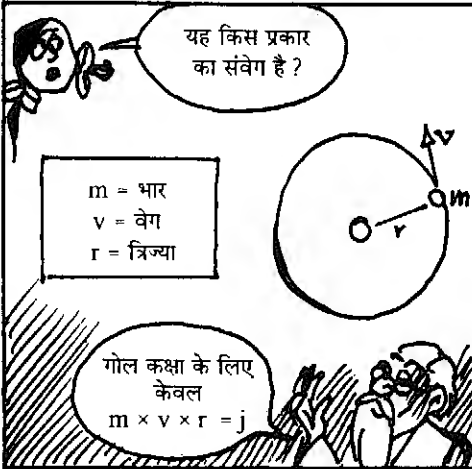
इस सबने बोहर को सोचने के लिए मजबूर किया.....
अगर विकिरण की ऊर्जा को क्वांटा में बांटा जाता है ...

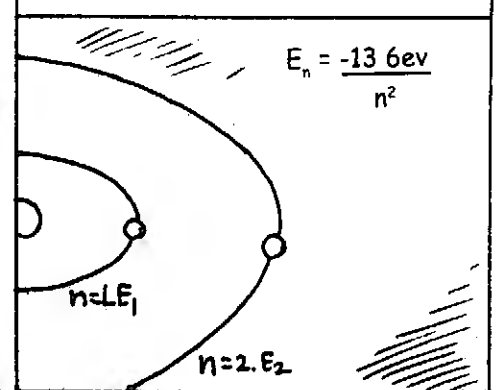
...तो अणुओं के अंदर इलेक्ट्रानों की ऊर्जा को क्यों नहीं?

नील्स बोहर ने अपने मत को क्रियान्वित करने के लिए अपने कई प्रिय सिद्धांतों की तिलांजिलि दी।

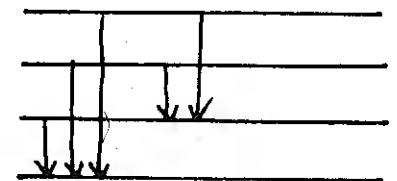
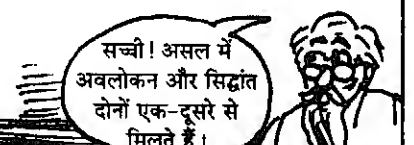
इलेक्ट्रान सभी दूरियों पर नहीं घूम सकते हैं।
इलेक्ट्रान
नाभिक
नहीं! मैंने कहा कि इसकी अनुमति नहीं है।

त्वरित होने के बाद भी, एक निश्चित कक्षा में होने के कारण उनसे विकिरण नहीं हो सकता।
ओह!
मुझमें उस कक्षा के लिए बहुत अधिक ऊर्जा है।

इलेक्ट्रांस तभी विकिरण करते हैं जब वे एक कक्षा से दूसरी कक्षा में कूदते हैं।
अब मुझे केवल इन अनुमति प्राप्त कक्षाओं को निश्चित करना है।

यूरेका! कोणीय संवेग भी क्वांटा में बंट गया है।

यह किस प्रकार का संवेग है?
m = भार
v = वेग
r = त्रिज्या
v
m
r
गोल कक्षा के लिए केवल m × v × r = j

बोहर अब अनुमति प्राप्त कक्षाओं पर लेबिल चिपका सकता था...
mvr=n(h/2π)
जहां n = 1,2,3,4....

... और फिर कक्षाओं की ऊर्जा की गणना कर सकता था।
E_n = -13 6ev / n²
n=1.E₁
n=2.E₂

क्योंकि ऊर्जा और प्रकाश की आवृत्ति का संबंध इस प्रकार है: e = h × f
एकदम ठीक!
मैं सहमत हूं!
आइंस्टीन
प्लैंक

....एक कक्षा से दूसरी कक्षा में कूदते इलेक्ट्रान कुछ निश्चित आवृत्तियां प्रसारित करेंगे जिनकी मैं आसानी से गणना कर सकता हूं!
सच में?
सच्ची! असल में अवलोकन और सिद्धांत दोनों एक-दूसरे से मिलते हैं।

आगे जो जटिलताएं आईं उनसे समझ और बेहतर बनी। सबसे पहले सोमरफील्ड ने अंडाकार कक्षाओं का सुझाव दिया।

समान ऊर्जा की कक्षाएं - गोल और अंडाकार, दानों हो सकती हैं।
एम. सोमरफील्ड (1868-1951)
सूर्य
EARTH
एकदम सही! यह मैंने पहले ही कहा था।
केप्लर
$n = 1$ के लिए एक गोल कक्षा, $n = 2$ के लिए एक गोल और तीन अंडाकार कक्षाएं....

और फिर आया पौली का बहिष्कार (एक्सक्लूजन) का सिद्धांत:
तुम एक कक्षा में दो से अधिक इलेक्ट्रान नहीं रख सकते।
क्यों ?
डब्लू. पौली (1900-1958)
क्योंकि तीन से बड़ी भीड़ हो जाएगी! और ...

Periodic Table of the Elements
...मैं इस नियम से "पीरियॉडिक टेबिल" को बेहतर तरीके से समझा सकता हूं।
पौली ने इसे सच में किया।

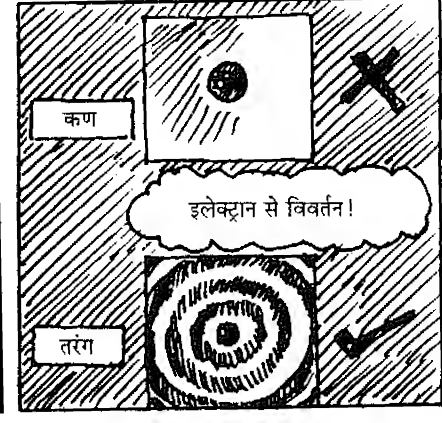
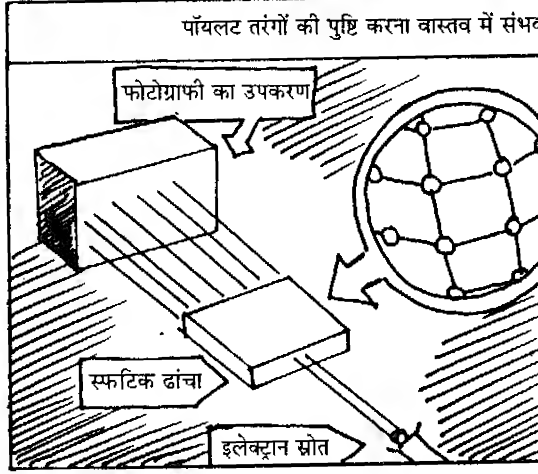
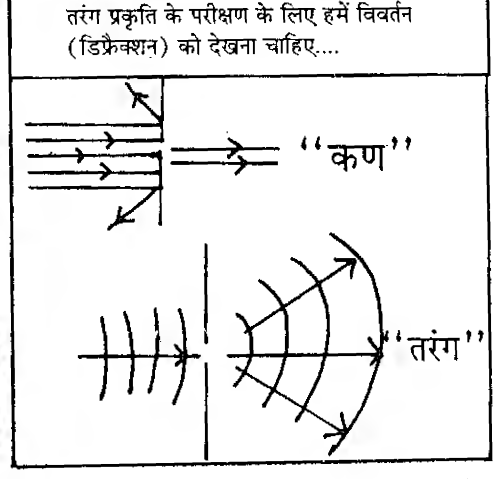
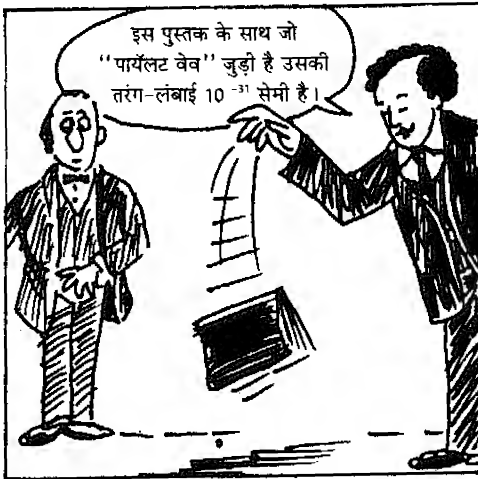
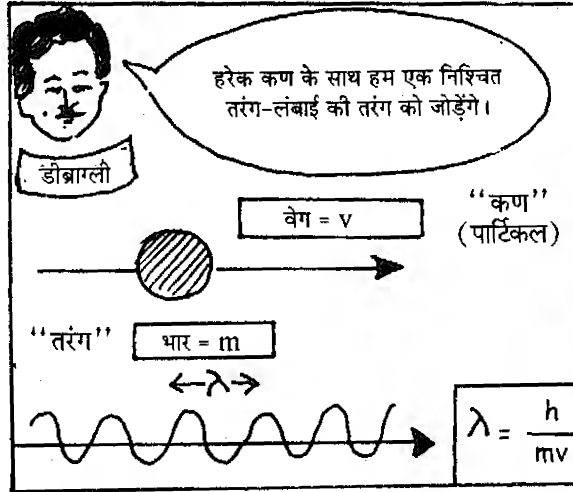
परंतु यह सब अस्थाई जुगाड़े हैं!
ये कक्षाएं असल में हैं क्या ?
हां, पर फिर ये काम क्यों करती हैं ?

इनका सही उत्तर मिलने में कुछ और वक्त लगा।
क्या तरंगे और कणों में इतना फर्क है ?
एल. डीब्राग्ली

विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के कणों जैसे गुणधर्म होते हैं।

तो फिर कणों के गुणधर्म तरंगों के समान क्यों नहीं हो सकते ?

एक "पायॅलट वेव" को अगर इलेक्ट्रान के साथ जोड़ा जाए तो बोहर के मत को "समझाया" जा सकता है।
पायॅलट वेव ?

पॉयलट तरंगों की पुष्टि करना वास्तव में संभव था।

पॉयलट वेव
के एक सतही
विचार से
तरंग-यांत्रिकी
की संपूर्ण
संकल्पना एक
बहुत ही जटिल
कार्य था।
इसमें मुख्य
योगदान था:

श्रोडिंगर ने पॉयलट तरंगों का गणितीय वर्णन विकसित किया....

.... अब इसके द्वारा, अणुओं के वर्णक्रमों की, विस्तृत तुलना करना संभव था।
ये निठ्ठले लोग अब उम्दा काम कर रहे हैं।

परंतु कुछ परेशान करने वाले सवाल फिर भी बने रहे।
आइंस्टीन
श्रोडिंगर
यह पॉयलट वेव क्या होती है
हाईज़नबर्ग
बोहर
इससे आवेश का घनत्व पता चलता है।
बकवास! इससे संभावना का घनत्व पता चलता है।

किसका घनत्व ...सम....भावना !!
पासा फेंकने पर, कौन सा नंबर ऊपर आएगा यह तो पता नहीं होता।
परंतु किसी नंबर, मानलो 2 के आने की संभावना 1/6 होगी।

इसी प्रकार, हमें यह नहीं पता कि अणु में इलेक्ट्रान कहां होगा। हम केवल अनुमान लगा सकते हैं...
किसी स्थान पर इलेक्ट्रान को पकड़ने की संभावना का।
संभावना
दूरी

बिल्कुल पासे की तरह, देखा!
मेरे दोस्त बोहर! भगवान पासे से नहीं खेलता।
अच्छा, भगवान को सुझाव देना बंद करो।

क्वांटम थ्योरी के कठिन सिद्धांत, धीरे-धीरे करके कुछ कार्यकाजी नियमों में बदले। इसके मूल में थी अनिश्चितता की संकल्पना।

अगर आपको पता हो कि इलेक्ट्रान कहां है तो आपको यह नहीं पता होगा कि वो कहां जा रहा है।
बस स्टाप
यह तो बिल्कुल पब्लिक बसों जैसी बात है।

पर इसमें अभी भी एक समस्या है।
इसका अभी भी सापेक्षता के विशेष सिद्धांत से मेल नहीं मिलता।
यह दरअसल सब गलत है।

पी.ए.एम.डिरैक ने समीकरणों को इस प्रकार बदला जिससे वे सापेक्षता से मेल खाएं।
यह पहले से बेहतर हैं, लेकिन....
पी.ए.एम.डिरैक (1902)

...इनमें अभी भी काफी संख्या में ऋणात्मक ऊर्जा की स्थितियां हैं।
E1
mc2
शून्य उर्जा
-mc2
-E1
इससे काम नहीं बनेगा।

mc2
0
-mc2
तब कण ऋणात्मक ऊर्जा के समुद्र में डूबता ही चला जाएगा।

डिराक के पास इसका एक बहुत ही चतुर हल था।
कल्पना करो कि सभी ऋणात्मक ऊर्जा स्थितियां भरी हुई हैं।

तुम नीचे नहीं आ सकते, यहां "हाउस-फुल" है।
कोई बात नहीं, तो मैं ऊपर चला....
ऋणात्मक उर्जा इलेक्ट्रान का समुद्र

इसमें बहुत ऊर्जा लगती है, परंतु इसे किया जा सकता है...
तुम्हें देख कर अच्छा लगा!
GRRR!
यह "छेद" एक घन आवेश का इलेक्ट्रान, यानि एंटी-इलेक्ट्रान जैसा लगेगा।

भौतिकशास्त्रियों को यह बात कुछ खास पसंद नहीं आई...
डिराक के छेद! हो! हो! उनमें कुछ दम नहीं है!
डब्लू. पौली

... परंतु प्रकृति इस सबकी कोई परवाह नहीं थी!
पी.एम. ब्लैकिट
LAB
मैंने प्रयोगशाला में एंटी-इलेक्ट्रान को देखा है।
मैंने भी! मैंने भी!
जी.डी. एंडरसन

अब हम जानते हैं कि प्रत्येक कण का एक (विपरीत) एंटी-कण होता है।
यह सब क्या बला है?!
हां! मैं उसपर ही आ रहा था!
इलेक्ट्रान / एंटी-इलेक्ट्रान
प्रोटोन / एंटी-प्रोटॉन
न्यूट्रान

अभी भी नाभिक (न्यूक्लियस) के साथ कुछ दिक्कत थी...
हीलियम के नाभिक में प्रोटॉन का दुगना आवेश है परंतु उसका भार चौगुना है।
बोहर
उसमें 2 प्रोटॉन और 2 इलेक्ट्रान डालो!
रदरफोर्ड

नाभिक एकदम "शुद्ध" होना चाहिए। उसमें केवल एक इलेक्ट्रान और प्रोटॉन होना चाहिए।
और जिसमें कोई भी इलेक्ट्रान चक्कर नहीं लगा रहा हो।

एल्फा कण
बेरेलियम
उदासीन विकीरण
मुझे लगता है कि मुझे न्यूट्रान मिला है।
जे. चैडविक

न्यूट्रान का एक और प्रमाण मिला। नाईट्रोजन परमाणु के वर्णक्रम में एक मुक्त कण - एक न्यूट्रान निकला।
देखो! इस वर्णक्रम को नाईट्रोजन के नाभिक की जरूरत है - तभी उसमें सम संख्या के कण होंगे।
डब्लू. हाईटलर
जी. हाईज़िनबर्ग
नाईट्रोजन
भार 14
आणविक संख्या 7
देखो! नाभिक में न्यूट्रान से अवश्य मदद मिलेगी।

नाईट्रोजन का नाभिक
14 प्रोटॉन
7 इलेक्ट्रान
21 कण
7 प्रोटॉन
7 न्यूट्रान
14 कण

इससे भी समस्या पूरी तरह सुलझी नहीं:
नाभिक
प्रोटॉन + न्यूट्रान
देखो! अगर नाभिक में केवल घन आवेश होगा तो उसे कौन पकड़ कर रखेगा?
कोई अज्ञात सशक्त बल, शायद।

इस बीच फर्मी ने न्यूट्रान द्वारा अणुओं पर और शोध किया। उसने यूरेनियम पर न्यूट्रान के गोले दागे।

कुछ समय तक किसी को पता नहीं चला कि बाहर क्या निकल रहा है....

.... इससे एक नया आयाम खुल गया।

दिसम्बर 1938
फर्मी ने सच में अणु को विखंडित कर दिया था।
फ्रिश
माईटनर

यह प्रक्रिया कुछ-कुछ इस प्रकार की थी।
n
Ba
n
n
n
Kr

अगर बाहर निकलने वाले न्यूट्रान विखंडन (फिशन) करते हैं तो हमारे पास एक दैत्यकार ऊर्जा का स्रोत होगा। (और साथ में एक धमाका भी!)
बोहर
फर्मी
विगनर
ज़िलार्ड
टेलर
हाईज़नबर्ग
ऑटो हान
कपित्ज़ा
लैन्डाऊ
साखारोव
अमरीका
जर्मनी
रूस

इसके भयानक परिणाम से तो सारी दुनिया अच्छी तरह वाकिफ है।
कुछ अजीब सा लग रहा था जैसे यह घटना होकर ही रहेगी।

इस बीच में शुद्ध भौतिकी आगे बढ़ी।
कोई बहुत सशक्त बल, प्रोटॉन को नाभिक में पकड़े रखता होगा।
एच.यूकावा
(1907-1981)

जिस प्रकार विद्युत-चुम्बकीय बल का कारण, फोटान्स की अदला-बदली है....
इलेक्ट्रान
फोटान
इलेक्ट्रान
जार्ज गैमाव द्वारा दी गई एक उपमा।

....यह सशक्त बल एक "मीसान" की अदला-बदली के कारण है।
भार m
मीसान
प्रोटॉन
प्रोटॉन
अनुमानित: m = 1/7 प्रोटॉन का भार।

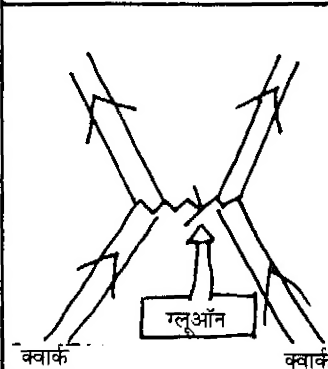
शुरू में कुछ गल्तियों के बाद इस कण को आखिर 1947 में खोज निकाला गया।
नोबेल पुरस्कार विजेता
1950
सी.पॉवेल
1949
पहले जापानी नोबेल पुरस्कार विजेता एच. युकावा

भौतिकशास्त्रियों को अब चार अलग-अलग बलों के बारे में पता था।
ताकतवर
नाभिक को पकड़े रखते हैं
कमजोर
इनसे बीटा कणों का क्षय होता है
विद्युत-चुम्बकीय
ये अणुओं को पकड़कर रखते हैं
गुरुत्वाकर्षण
भौतिकशास्त्रियों को उड़ने से रोकती है

इस दर्शन से, अव्यवस्था में, व्यवस्था कायम करने में सहायता मिली। सबसे पहले वर्गीकरण इस प्रकार के थे...

हैड्रौन को क्रम में लगाने का पहला कदम दो लोगों ने उठाया - एम. जेलमैन और वाय. नीमैन ने।

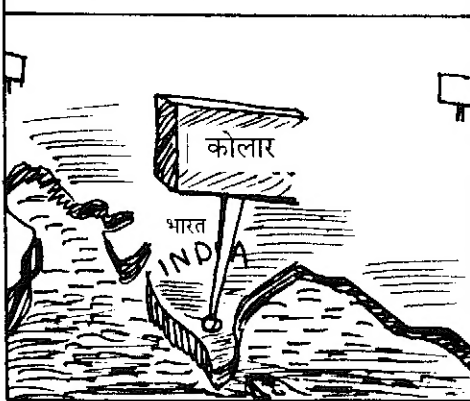
शुरू में इस समस्या के हल के लिए केवल क्वार्कस और लेप्टांस का अध्ययन किया गया। पर जल्द ही पाया गया कि इनके अलावा भी अन्य बहुत से ऐसे कण हैं।

क्वार्कस के बीच सशक्त बल ग्लूऑन की अदला-बदली के कारण था।

बहुत सारी मेहनत रंग लाई और एक नई खोज हुई।

कमज़ोर-विद्युत बलों के मॉडल ने नए ''लेन-देन'' के कणों की भविष्यवाणी की, और उन्हें जल्द ही खोज निकाला गया।

भौतिकी की लंबी कहानी में इसे हम, अंतिम प्रगति की छलांग मानेंगे। हमारी समझ के विस्तार के लिए कई अन्य प्रयास भी हुए।

दमदार भौतिकशास्त्रियों ने एक और भविष्यवाणी की।

दुनिया भर में हो रहे प्रयोगों को अभी भी इस भविष्यवाणी की पुष्टि करनी है।

इसके अलावा और कई सिरदर्द भी थे।

गुरुत्व को काबू में करने की कहानी में कई उतार-चढ़ाव आए हैं।

आजकल जो सबसे अधिक फैशन में उस शोध का नाम है ''सुपरस्ट्रिंग्स''।